



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Caio Furtado Lima

**Desenvolvimento de uma ferramenta para  
gestão de capacidades em projetos de  
industrialização: estudo de caso na  
indústria automóvel.**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia de Sistemas

Trabalho efetuado sob a orientação de:

**Professora Doutora Anabela Tereso**

**Professora Doutora Madalena Araújo**

Outubro de 2019

## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

*Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



**Atribuição**

**CC BY**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que em todos os momentos esteve presente, trouxe um sentido maior a tudo o que eu consegui fazer. Sem Ele jamais chegaria a qualquer conquista.

À minha família (Jorge, Janete e Jan) e noiva Ana, por todo apoio incondicional, pois independente do lugar em que estão, sempre se fazem presentes em cada nova etapa da minha vida.

Às Professoras Doutoras Anabela Tereso e Madalena Araújo, por me conduzirem nesta dissertação e por compartilharem o conhecimento que possuem, nos mais diversos aspetos que surgiram no decorrer desse trabalho. Com todo o sentido que este momento representa, muito obrigado Professoras.

À equipa em que me integrei, no decorrer desse trabalho, destaco o Supervisor do estágio, Engenheiro Jaime Sagres e a gestora de projetos, Maria Pereira, que foram sempre solícitos e atenciosos, assim como todos os elementos da equipa, por me auxiliarem em todas as questões necessárias.

Por fim, apesar de não ser possível descrever todos que contribuíram para essa dissertação, deixo aqui registado o nome do Professor Ruy Portela, do Fernando Maurício e da Elieida dos Santos. Estes representam bem todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para este trabalho.

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática d/e plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## RESUMO

Os projetos de industrialização são projetos considerados fundamentais para a introdução de novos produtos no mercado. Estes projetos representam uma das etapas de maior criação de valor em toda a indústria, o que pode também explicar o crescimento da literatura sobre o tema. Para gerir melhor estes projetos é crucial usar técnicas robustas para a gestão de projetos. Dentro dessas técnicas podemos incluir as técnicas que permitem fazer um melhor uso da capacidade para gerir projetos de industrialização, foco deste trabalho.

Assim, o presente trabalho foi realizado como um estudo de caso, realizado na Bosch Car Multimedia, com o intuito de identificar que métodos e técnicas poderiam acrescentar melhorias na gestão de capacidades em projetos de industrialização.

Do vasto campo de conhecimento existente na gestão projetos, o presente trabalho concentra-se nas áreas de conhecimento de *Project Resources Management* e *Project Schedule Management*. O alinhamento destas duas áreas de conhecimento da gestão de projetos resultou numa ferramenta que auxilia na gestão do portfólio de projetos de industrialização, nomeadamente na atribuição dos gestores de projeto aos projetos, tendo em conta a sua capacidade e suas competências.

Esta ferramenta utiliza um modelo matemático e uma mateurística para construir os cronogramas do projeto sem que ocorra uma sobre alocação dos gestores dos projetos. Pode verificar que a ferramenta constrói cronogramas num tempo médio de 35,56 segundos em cenários sem *due dates* e um tempo médio 168,70 segundos em cenários com *due dates*. Além disso reúne as informações dos projetos e gestores de projetos num *dashboard*, com o intuito de identificar o nível de aproveitamento da capacidade disponível para gerir o portfólio de projetos.

## PALAVRAS-CHAVE

Gestão de Projetos, Mateurística, Projetos de Industrialização, RCPSP.

## **ABSTRACT**

Industrialization projects are projects that are considered crucial for the introduction of new products in the market. These projects represent one of the highest value-creation stages of the entire industry, which can also explain the growing literature on the subject. To better manage these projects it is crucial to use project management robust techniques. Within these techniques we can include techniques that allow to make a better use of the capacity to manage industrialization projects, the focus of this research.

Thus, this work was carried out as a case study, conducted at Bosch Car Multimedia, in order to identify which methods and techniques could add improvements in capacity management in industrialization projects.

From the vast field of knowledge in project management, this work focused on the Project Resource Management and Project Schedule Management knowledge areas. Aligning these two knowledge areas of project management, resulted in a tool that aims to help in managing the industrialization projects portfolio, in particular in the assignment of project managers to projects, taking into account their capacity and skills.

This tool makes use of a mathematical model and a matheuristic to construct time schedules without over-allocation for the project managers. It can be observed that the tool builds time-schedules in an average time of 35.56 seconds in scenarios without due dates and an average time of 168.70 seconds in scenarios with due dates. Also, it gathers information from projects and project managers in a dashboard to identify the capacity utilization rate available to manage the project portfolio.

## **KEYWORDS**

Industrialization Projects, Matheuristic, Project Management, RCPSP.

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras .....	x
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xiv
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Motivação e objetivos.....	3
1.3 Apresentação da metodologia da investigação .....	6
1.4 Estrutura da dissertação .....	6
2. Revisão Crítica da Literatura de Gestão e Escalonamento de Projetos .....	9
2.1 Conceitos gerais de gestão de projetos .....	9
2.1.1 Projeto .....	10
2.1.2 Projetos de industrialização.....	11
2.1.3 Ciclo de vida de um projeto .....	13
2.1.4 Gestão de projetos .....	15
2.1.5 Gestão de programas .....	24
2.1.6 Gestão de portefólios.....	26
2.1.7 Gestor de projetos.....	27
2.1.8 <i>Project management office</i> .....	28
2.2 Conceitos gerais de escalonamento de projetos .....	29
2.2.1 Escalonamento de projetos.....	29
2.2.2 Método do caminho crítico .....	31
2.2.3 <i>Project scheduling problem</i> .....	34
2.2.4 <i>Resource-constrained project scheduling problem</i> .....	36
3. Metodologia da Investigação .....	40
3.1 Metodologia genérica .....	41
3.2 Design science research.....	44

3.3	Métodos para recolha e análise de dados.....	46
3.3.1	Recolha e análise documental .....	46
3.3.2	Observação .....	47
3.3.3	Entrevistas .....	48
3.3.4	Grupos de foco .....	49
4.	Caso de estudo .....	50
4.1	A empresa Bosch Car Multimedia S.A. ....	50
4.2	Contextualização do estudo na estrutura da empresa .....	52
4.3	Gestão de projetos na Bosch Car Multimedia S.A. ....	54
4.3.1	Categorização de projetos Bosch/CM .....	55
4.3.2	Bosch project lifecycle model .....	56
4.4	Product engineering process (PEP) .....	61
4.5	Levantamento da problemática.....	63
5.	Parâmetros da Ferramenta.....	65
5.1	Informações base dos gestores dos projetos .....	65
5.2	Informações base dos projetos.....	66
5.2.1	Rede de atividades do projeto .....	67
5.2.2	Relações de precedência na rede de atividades .....	68
5.3	UFFLP .....	72
6.	Implementação da Ferramenta.....	73
6.1	Funcionalidades .....	73
6.2	Construção de cronogramas.....	76
6.2.1	Solução ótima.....	77
6.2.2	Modelo híbrido .....	80
6.3	Método para Atribuição de Gestores de Projetos a um Projeto.....	82
6.3.1	Conceitos estatísticos considerados e cálculo desenvolvido.....	82
6.3.2	Implementação do sistema de recomendação .....	83
6.4	Overview Worksheet .....	85
6.4.1	<i>Overview</i> da ferramenta .....	85
6.4.2	Dashboard.....	90



6.5	Validação da ferramenta desenvolvida.....	93
6.5.1	Validação das funcionalidades da ferramenta .....	93
6.5.2	Validação dos outputs da ferramenta .....	95
7.	Conclusões e Trabalhos Futuros .....	102
	Referências Bibliográficas .....	107
	Apêndice 1 – Parte do Código Desenvolvido em VBA para a Ferramenta .....	121
	Apêndice 2 – Diagrama do Processo de Criação de um Projeto na Ferramenta .....	123
	Apêndice 3 – Diagrama do Processo de Criação do Cronograma do Projeto.....	124
	Apêndice 4 – Diagrama do Processo Realizado pelo Modelo Híbrido.....	125
	Anexo 1 – Informação Sobre as Atividades do Projeto .....	126
	Anexo 2 – Rede AON de Atividades do Projeto.....	134

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fases de projeto de industrialização genérico .....	12
Figura 2- Stage Gate System.....	13
Figura 3 - Ciclo de vida do projeto .....	14
Figura 4 - Grupos de processo da gestão de projetos .....	16
Figura 5 - Estrutura dos grupos de processo .....	17
Figura 6 - Relação entre portfolio, programa e projeto.....	25
Figura 7 - Overview do design da pesquisa .....	41
Figura 8 - Estrutura da metodologia Onion Research na presente dissertação .....	42
Figura 9 - Methodological choice .....	43
Figura 10 - Highlights of the 2018 business year.....	50
Figura 11 - Estrutura organizacional da Bosch Car Multimedia Braga .....	52
Figura 12 - Estrutura organizacional do departamento de MFE .....	53
Figura 13 - Área de inserção do estudo na Bosch CM.....	54
Figura 14 - Fluxo do processo da Request Phase .....	57
Figura 15 - Fluxo do processo da Preparation Phase .....	58
Figura 16 - Fluxo do processo da Conception Phase .....	59
Figura 17 - Fluxo do processo do Implementation Phase .....	60
Figura 18 - Fluxo do processo do Completion Phase.....	61
Figura 19 - Modelo Stage-Gate da Bosch (PEP).....	62
Figura 20 - Relação entre o projeto, as atividades e as tarefas.....	69
Figura 21 - Ilustração da rede AON de atividades da QGC0 para os projetos de categoria D	70
Figura 22 - Ilustração da rede de atividades da QGC4e5.....	70
Figura 23 - Rede de atividades exemplo .....	71
Figura 24 - Cronogramas possíveis .....	71
Figura 25 - Main worksheet .....	73
Figura 26 - Informações iniciais do novo projeto .....	74
Figura 27 - Change information .....	75
Figura 28 - Criar um novo gestor de projetos .....	75
Figura 29 - Set Parameters .....	76
Figura 30 - Cenários para criar o cronograma do projeto .....	77
Figura 31 - LP file .....	78

Figura 32 - Log file .....	79
Figura 33 - Processo para gerar a solução ótima do cronograma do projeto .....	80
Figura 34 – Comparação entre media e mediana .....	83
Figura 35 - Processo de recomendação dos projetos aos gestores de projetos .....	84
Figura 36 - Project Manager Recommendation .....	84
Figura 37 -Project Pool .....	86
Figura 38 - Project Managers Pool.....	86
Figura 39 - Project Schedule .....	87
Figura 40 - Informações sobre duração e esforço para cada atividade de cada categoria.....	87
Figura 41 - Informações sobre a categoria do novo projeto.....	88
Figura 42 - Informações sobre a QGC “4e5” .....	89
Figura 43 - Informações do cálculo do forward pass e backward pass.....	89
Figura 44 - Possibilidades de vistas dos gráficos “Capacity Utilization” (a) e “Capacity Utilization by sector” (b).....	91
Figura 45 – Report.....	92
Figura 46 - Informações sobre os cálculos para o Dashboard.....	93
Figura 47 – Gráfico run time without due dates.....	96
Figura 48 – Gráfico run time project compress.....	97
Figura 49 – Gráfico run time project decompress.....	98
Figura 50 - Gráficos “Projects Distribution by category”, “Projects Distribution” e “Counting” no cenário teste.....	99
Figura 51 - Gráficos “Capacity Utilization” e “Number of PjM” no cenário teste.....	99
Figura 52 - Gráficos “Capacity Utilization by sector” e “Number of PjM by sector” no cenário teste.....	100
Figura 53 - Gráficos “All PjM Allocation” no cenário teste.....	100
Figura 54 - Developed hybrid model .....	104
Figura 55 - Detalhe do código sobre a leitura dos dados .....	121
Figura 56 - Detalhe do código sobre as restrições do problema .....	121
Figura 57 - Detalhe do código sobre escrever a solução do problema.....	122
Figura 58 - Detalhe do código sobre o <i>Backward pass</i> e <i>Forward pass</i> .....	122
Figura 59 - Diagrama do processo realizado ao criar um novo projeto na ferramenta .....	123
Figura 60 - Criar o <i>time schedule</i> do projeto.....	124
Figura 61 - Processo para comprimir ou descomprimir a QGC.....	125
Figura 62 - Ilustração da rede de atividades da QGC0 .....	134

Figura 63 - Ilustração da rede de atividades da QGC1 .....	134
Figura 64 - Ilustração da rede de atividades da QGC2 .....	134
Figura 65 - Ilustração da rede de atividades da QGC3 .....	135
Figura 66 - Ilustração da rede de atividades da QGC4 .....	135
Figura 67 - Ilustração da rede de atividades da QGC5 .....	135

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese dos métodos utilizados .....	46
Tabela 2 - Matriz de critérios de avaliação para categorização de projetos.....	56
Tabela 3 - Comparação entre as fases do BPLM e do PMI .....	57
Tabela 4 – Atividades e datas de início e de fim de cada subprojeto.....	69
Tabela 5 - Descrição das atividades dos projetos.....	126
Tabela 6 - Conteúdo de trabalho das atividades.....	127
Tabela 7 - Duração das atividades.....	128
Tabela 8 - Esforço necessário para executar cada atividade .....	129
Tabela 9 - Tarefas que constituem cada atividade dos projetos .....	130

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AOA - *Activity-on-Arc*

AON - *Activity-on-Node*

BES - *Bosch Product Engineering System*

BPLM - *Bosch Project LifeCycle Model*

CM - *Car Multimedia*

CPM - *Critical Path Method*

CUR - *Capacity Utilization Rate*

DLL - *Dynamic Link Library*

DSR - *Design Science Research*

EFT - *Earliest Finish Time*

EST - *Earliest Start Time*

FF - *Finish-to-Finish*

FS - *Finish-to-Start*

FUM - *Follow-Up Manager*

IoT - *Internet of Things*

IPMA - *International Project Management Association*

IRNOP - *Project Management Journal e o International Research Network for Organizing by Projects*

LFT - *Latest Finish Time*

LST - *Latest Start Time*

MFE - *Manufacturing Engineering*

MFI - *Manufacturing Industrialization*

MRCPSP - *Multi-mode Resource-Constrained Project Scheduling Problem*

NPD - *New Product Development*

OBS - *Organizational Breakdown Structure*

PDM - *Precedence Diagramming Method*

PEP - *Product Engineering Process*

PERT - *Project Evaluation and Review Technique*

PgM - *Program Manager*

PIA - *Project Initiation and Acceleration*

PjM - *Project Management*

PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*  
PMI - *Project Management Institute*  
PMIS - *Project Management Information System*  
PMO - *Project Management Offices*  
PMP - *Project Management Plan*  
PPM - *Project Portfolio Management*  
PSP - *Project Scheduling Problem*  
QGC - *Quality-Gate*  
RB-PMQ - *Robert Bosch Project Manager Qualification*  
RBS - *Resource Breakdown Structure*  
RCPSP - *Resource-Constrained Project Scheduling Problem*  
RLP - *Resource Levelling Problem*  
SF - *Start-to-Finish*  
SOP - *Start Of Production*  
SS - *Start-to-Start*  
TAR - *Talent Associate Review*  
TF - *Total Float*  
UFFLP - *Universidade Federal Fluminense Linear Programming*  
VBA - *Visual Basic for Applications*  
VNS - *Variable Neighbourhood Search*  
WBS - *Work Breakdown Structures*

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho surge com a finalidade da realização da dissertação do Mestrado em Engenharia de Sistemas do Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia Universidade do Minho. O trabalho foi desenvolvido em contexto empresarial, na unidade *Car Multimédia* da empresa Bosch, localizada em Braga, Portugal.

Este trabalho toma como ponto de partida estudos realizados anteriormente que integram os conhecimentos de Gestão de Projetos e mais concretamente de Escalonamento de Projetos (Pereira, 2018). Investigações anteriores procuravam realizar a gestão de capacidades em projetos de industrialização, fazendo uso de técnicas heurísticas para, através da análise da duração das atividades, do uso dos recursos e da capacidade dos gestores de projeto (PjM), recomendar o gestor de projeto a associar a um determinado projeto. Como continuação desse trabalho, a presente dissertação buscou o desenvolvimento de uma ferramenta que encontre a menor duração do projeto sem desrespeitar a restrição de capacidade dos recursos e, também, auxiliar o utilizador da ferramenta a ter um panorama dos projetos planeados e da alocação dos gestores de projetos, de forma a facilitar os processos para tomada de decisão. Face ao problema formulou-se a pergunta de investigação, bem como a delimitação dos objetivos para que fosse possível desenvolver a investigação de forma orientada e lógica.

Este capítulo possui como intento apresentar o enquadramento do tema de investigação, apresentar os aspetos levados em consideração que fomentaram a investigação e os objetivos formulados para responder à pergunta de investigação, assim como também descrever as metodologias adotadas no decorrer da investigação e, por fim, elucidar sobre a estrutura do trabalho.

### 1.1 Enquadramento

As organizações que desejam estar à frente de um mercado competitivo tecnologicamente enfrentam muitos desafios devido ao aumento da concorrência, à necessidade constante de procurar inovação de produtos e serviços e à necessidade de melhoria contínua nos processos que a compõe. Como resposta, as organizações procuram métodos organizacionais mais versáteis, o que permite receber uma maior quantidade de projetos com maior relevância dentro da organização (Viglioni, Cunha, & Moura, 2016). Dessa forma, a importância do planeamento



e do escalonamento tem sido reconhecida em contextos de negócio em que a gestão de projetos surge como uma necessidade (Van Den Eeckhout, Maenhout, & Vanhoucke, 2018).

Apesar da gestão de projetos ser uma área de aprendizagem contínua e possuir uma vasta quantidade de definições, estas de uma forma geral referem-se a ferramentas e a processos utilizados para cumprir um trabalho temporário e único, dentro de um tempo específico, um orçamento e um âmbito, sendo esses os elementos do triângulo dourado (ou de ferro), também conhecidos como critérios de sucesso para a gestão de um projeto (Atkinson, 1999; Drury-Grogan, 2014). Por outras palavras, a gestão de projetos é planejar, organizar, monitorizar e controlar todos os aspetos do projeto, levando em consideração a motivação dos *stakeholders* para alcançar os objetivos de forma segura, dentro do tempo, custo e qualidade especificados (Radujković & Sjekavica, 2017). Essa definição da gestão de projetos, com foco no desempenho, ou seja, com ênfase no tempo (*schedule*), orçamento (*budget*) e controlo da qualidade (*scope*), dá destaque aos aspetos do triângulo dourado, já que são considerados como fatores críticos para o sucesso na gestão de um projeto. Os autores Raymond e Bergeron (2008) destacam alguns casos de organizações que negligenciaram a inclusão das práticas de gestão de projetos e que são conhecidos como exemplos de insucesso na gestão de projetos, que mostram que gerir um projeto é uma problemática que requer uma certa diligência acima do comum.

Para Loudon (2012), muitas organizações reconhecem os benefícios da gestão de projetos e consideram que a sua inclusão nos seus processos é de alta prioridade. A crescente maturidade das organizações nos processos de gestão de projetos fornece uma vantagem significativa na sua habilidade de completar projetos, de modo a serem consistentes e a reduzirem os índices de falha na sua implementação. Os processos de gestão de projetos são capazes de transcender e beneficiar várias indústrias, fornecendo uma abordagem estruturada para concluir os projetos com sucesso. A adoção da padronização dos processos para execução da gestão de projetos promove uma redução dos custos do projeto, visto que fomenta uma forma mais eficiente da implementação do projeto, propiciando um menor uso dos recursos e uma identificação das ações corretivas com uma maior antecedência.

O autor Chirumalla (2018) disserta que uma das áreas em que a gestão de projetos possui um papel importante é a de processos de industrialização, sendo considerada um dos fatores cruciais para a introdução de novos produtos no mercado. O autor destaca ainda que essa importância é refletida no crescimento da literatura, referente aos assuntos de desafios e fatores de sucesso na gestão de projetos, em projetos de desenvolvimento de novos produtos (NPD – *New Product Development*).

No que concerne ao NPD, trata-se de um dos maiores processos de criação de valor em toda indústria. Novos produtos criam interesse e novas oportunidades de negócio, proporcionando uma forma de satisfazer as necessidades dos clientes, de uma forma mais conveniente ou a menor custo, por exemplo. Ainda no referido contexto, é preciso dar atenção especial à dinâmica existente entre o mercado e a gestão dos processos, para que as empresas que se focam no desenvolvimento e lançamento de novos produtos se possam manter lucrativas e atentas às abruptas mudanças que possam vir a acontecer. Essa dinâmica da inserção de novos produtos no mercado pode resultar em mudanças significativas no processo de desenvolvimento de novos produtos, o que requer dos processos uma certa flexibilidade e preparo para as possíveis mudanças (Popa & Tanasescu, 2010).

Para os autores Pereira *et al.* (2018), a competitividade nos dias de hoje leva as companhias a investir cada vez mais em práticas de gestão de projetos robustas. Atualmente, a gestão de projetos dá suporte à complexidade dos projetos através da padronização dos processos. Como resultado, é possível citar como exemplos a capacidade de desenvolver cronogramas de atividades com um tempo mais reduzido e com o uso dos recursos mais eficiente, sem comprometer as restrições inerentes ao contexto no qual o projeto está a ser desenvolvido.

Na gestão dos projetos, além da elaboração de cronogramas de atividades eficientes, existe a preocupação com a aplicação das ferramentas tradicionais e das técnicas desenvolvidas para os projetos mais simples, pois o contexto de projetos de maior complexidade faz essas ferramentas e técnicas parecerem inapropriadas. Entender a complexidade de um projeto e como pode ser gerido é significativamente importante, não só para a gestão do projeto, como também para os gestores de projetos, visto o paralelo existente entre os objetivos a serem alcançados e as decisões a serem tomadas (Cristóbal, 2017).

Diante desse cenário, surge a necessidade de desenvolver metodologias e ferramentas que permitam uma identificação de informações críticas, construindo um caminho mais simples para o tomador de decisão, i.e., fornecendo resultados claros e sem análises ambíguas. Um caminho para superar esse desafio são as ferramentas de auxílio à visualização da informação que podem suportar o complexo processo de tomada de decisão dentro da gestão de projetos (Manole & Grabara, 2016).

## **1.2 Motivação e objetivos**

De um modo geral, os projetos podem ser considerados uma das partes mais importantes dentro de uma organização, já que os negócios das organizações modernas estão cada vez mais

centrados na gestão de projetos. Uma notável consequência disso é a procura da eficiência na gestão de projetos com práticas cada vez mais modernas (Brlečić Valčić, Dimitrić, & Dalsaso, 2016).

Como já referido em parágrafos anteriores, é possível destacar elementos cruciais para que a gestão de um projeto possua um desempenho eficiente e, assim, o projeto consiga ser concluído com sucesso. Para Kaliba, Muya e Mumba (2009), há uma relação entre o cronograma das atividades, o âmbito do trabalho e as condições do projeto, de forma que a mudança de um ou mais desses elementos pode afetar o nível de compensação do projeto, no que se refere à qualidade ou ao orçamento, bem como ao tempo de término do projeto. Os autores Su e Wei (2018) descrevem que as tendências atuais na produção e na gestão de operações são caracterizadas por uma intensa competitividade nos setores que dependem do tempo, e que estes já foram relacionados como vantagem competitiva, atraindo a atenção dos gestores de projetos para melhorar o desempenho dos projetos relativamente ao tempo de conclusão.

Klevanskiy, Tkachev e Voloshchouk (2019) dizem que para serem eficientes, os gestores de projetos precisam otimizar a gestão do tempo e a alocação dos recursos. Para os autores, a duração do projeto e os custos associados à alocação dos recursos são pontos de alto impacto nos projetos e não são independentes; e, é nesta relação entre esses dois atributos que está formulado um dos *trade-offs* da fase de planeamento do projeto.

Os esforços para realização do projeto dentro de um menor período de tempo, com uma alta qualidade e com um menor custo, têm feito crescer o número de ferramentas de gestão de projetos. Numa perspetiva mais ampla, essas ferramentas são desenvolvidas com conhecimentos de outras áreas que estão conectadas com a gestão de projetos. Desse modo, essas ferramentas têm vindo a ser desenvolvidas e aprimoradas tendo em vista o interesse prático e teórico, sofrendo modificações e ajustes formando assim novas ferramentas (Kostalova & Tetreova, 2014).

Face ao contexto do problema e da sua relevância, teórica e prática, importa a formulação da pergunta de investigação, bem como a delimitação dos objetivos para fosse possível desenvolver a investigação de forma orientada e lógica (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2016).

Para Saunders, Lewis e Thornhill (2009) a investigação deve ser realizada com o intuito de realizar descobertas, que acresçam no conhecimento, de uma forma sistemática. Portanto, a presente dissertação possui como motivação aprimorar a ferramenta existente na empresa,

procurando construir soluções em tempo exequível e respeitando a capacidade do uso dos recursos disponíveis.

Posto isto, para a presente investigação formulou-se a seguinte **pergunta de investigação**: Que métodos e técnicas podem acrescentar melhorias na gestão de capacidades, no contexto de projetos de industrialização?

Após a pergunta de investigação ter sido formulada, os **objetivos** foram delineados para que tal pergunta pudesse ser respondida na sua totalidade. Como já referido anteriormente, o presente trabalho visava implementar melhorias em uma ferramenta existente, que tinha sido desenvolvida de raiz para a empresa. Dessa forma, importava realizar um levantamento das informações sobre o contexto da empresa, bem como da própria ferramenta, de modo a perceber o negócio e a ferramenta desenvolvida. De seguida, é necessário modelar o problema a partir da ferramenta desenvolvida, com técnicas que visassem encontrar a melhor solução, no que concerne ao *time schedule* do projeto (*makespan*). Uma vez identificadas as possibilidades de melhoria e desenvolvida a abordagem para fornecer o *makespan*, procurou-se a integração desses dois objetivos, a fim de desenvolver e validar as melhorias encontradas com a nova abordagem do *time schedule* e, assim, estruturar a ferramenta para a fase de testes. Posteriormente, a ferramenta é testada para análise do seu comportamento em diferentes grupos de projetos e assim poder ser validada. Por fim, e após validação, a ferramenta pode ser inserida no contexto da empresa em questão. Para tal haverá uma verificação da realidade da gestão de projetos da Bosch para que a ferramenta se enquadre no contexto de gestão da organização.

Assim, apresentam-se os objetivos específicos delimitados para responder à pergunta de investigação da seguinte forma:

- 1) Análise da ferramenta existente e sugestão de possíveis melhorias;
- 2) Desenvolvimento das melhorias propostas;
- 3) Implementação e pré-validação da solução encontrada;
- 4) Validação da ferramenta por meio de replicações em diferentes portefólios de projetos e ajuste final;
- 5) Utilização dos resultados obtidos no contexto de gestão de projetos da Bosch.

### **1.3 Apresentação da metodologia da investigação**

Referente a metodologia adotada no presente trabalho, fez-se uso da *Onion Research* (Saunders et al., 2016) para identificação das diferentes camadas metodológicas. Estas que no capítulo 3 serão melhor abordadas, pode-se dizer resumidamente que o presente trabalho quanto a filosofia fora considerada como pragmatismo, uma vez que busca responder a pergunta de investigação formulada face ao contexto do problema, bem como procura conectar o campo prático com o campo teórico. Quanto a abordagem, é tida como dedutiva, dado que o presente trabalho toma como ponto de partida estudos já realizados anteriormente no contexto da organização. Referente a estratégia, fora classificada como caso de estudo, uma vez que ocorre um contexto empresarial, especificamente na unidade da Bosch Car Multimedia localizada em Braga. E, quanto aos métodos para análise e recolha dos dados, classificada como métodos mistos, uma vez que fez uso de métodos qualitativos e quantitativos no decorrer de toda a investigação. Importa referir que a presente investigação fez uso de uma segunda metodologia, nomeada por *Design Science Research* (DSR). Dado que como resultado deste trabalho se tem uma ferramenta na qual possa auxiliar na gestão de capacidades em portefólio de projetos de industrialização e o uso da metodologia DSR ser comumente utilizada no contexto de artefactos computacionais, assim o uso dessa metodologia fora de grande importância para o desenvolvimento da ferramenta.

### **1.4 Estrutura da dissertação**

A dissertação está estruturada num total de 8 capítulos. Estes serão brevemente descritos nos parágrafos seguintes, com uma apresentação sucinta de cada um. Além dos capítulos, ressalta-se a presença dos anexos e dos apêndices, que contêm informações adicionais que surgiram no decorrer da investigação de modo a clarificar e auxiliar o leitor na compreensão da investigação desenvolvida.

Na Introdução, capítulo inicial, apresenta-se a motivação e o enquadramento do problema a ser abordado na presente investigação. Possui como intuito a contextualização do tema e a apresentação da pergunta de investigação e dos objetivos formulados para alcance da resposta à pergunta lançada, que serão confirmados após revisão da literatura relevante.

No segundo capítulo, apresenta-se uma contextualização mais detalhada do problema e das soluções encontradas por outros autores, através de uma revisão crítica da literatura. Esta

introduz os principais conceitos referentes ao tema de estudo, podendo ser divididos em duas grandes áreas, a gestão de projetos e o escalonamento de projetos.

No terceiro capítulo, Metodologia da Investigação, apresenta-se o plano de investigação, bem como os métodos adotados para a recolha e análise dos dados. Apresenta-se também a metodologia adotada para o presente trabalho (*Design Science Research*), visto ser uma abordagem comum no desenvolvimento de artefactos computacionais.

O quarto capítulo, Caso de Estudo, apresenta a empresa onde foi realizado o presente estudo. Neste capítulo é feita uma descrição do negócio e a contextualização do trabalho dentro do grupo Bosch. Também é apresentado o *modus operandi* da gestão de projetos na empresa em questão, o que permitiu um levantamento e melhor delimitação da problemática, ou seja, uma definição clara do *output* esperado do presente trabalho.

Segue-se o quinto capítulo, Parâmetros da Ferramenta, que expõe todas as informações que servem de base para o funcionamento da ferramenta. São apresentados os conceitos utilizados para o sistema de recomendação, as informações sobre as redes de atividades dos projetos e a *Dynamic Link Library* (DLL) que permite o processo de otimização da ferramenta.

O sexto capítulo, Implementação da Ferramenta, apresenta a ferramenta desenvolvida, de modo a prover uma perceção do seu funcionamento. Assim, contém uma apresentação das funcionalidades da ferramenta, bem como das abordagens de construção dos cronogramas dos projetos que serão considerados pela ferramenta e, por fim, fornece uma visão geral da ferramenta detalhando cada parte com suas respectivas utilidades.

O capítulo seguinte, designado por Método para Atribuição de um Projeto a um Gestor de Projetos, é destinado a explicar a o sistema desenvolvido de recomendação da afetação dos gestores de projetos aos projetos. São apresentados os conceitos estatísticos utilizados para o cálculo da recomendação da afetação dos gestores de projetos aos projetos e é descrita a implementação do sistema de recomendação.

Por fim, no último capítulo, Conclusões e Trabalhos Futuros, apresentam-se as conclusões do presente trabalho, são clarificadas eventuais limitações do estudo e listam-se sugestões para trabalhos futuros.

### ***Referências Bibliográficas***

Nesta secção apresenta-se uma lista dos trabalhos que deram suporte e fundamentaram o presente trabalho

### ***Apêndices***

Esta secção contém todas as informações que auxiliam a compreensão do funcionamento da ferramenta em termos do código utilizado, bem como os processos realizados pela ferramenta.

### ***Anexos***

Esta secção contém os dados sobre a duração e esforço de cada atividade de cada categoria de projetos, bem a descrição dessas atividades. Também contém a representação do diagrama de atividades de cada barreira de controlo de qualidade (*quality-gate*), que necessitam de ser verificadas e cumpridas, existentes ao longo do processo de desenvolvimento de projetos de industrialização.

## 2. REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA DE GESTÃO E ESCALONAMENTO DE PROJETOS

A revisão da literatura procura identificar, selecionar e avaliar criticamente investigações relevantes, de estudos anteriormente realizados, sobre o tema ou temas relacionados com a pergunta de investigação, para que assim seja possível uma familiarização com o contexto do objeto a ser estudado e conhecimento do estado da arte (Ham-Baloyi & Jordan, 2016). Permite ainda confirmar ou ajustar a pergunta de investigação, face às lacunas identificadas na literatura. A revisão da literatura realizada incide sobre os dois grandes temas que envolvem o presente trabalho, gestão de projetos e escalonamento de projetos. Sobre a gestão de projetos será realizada uma apresentação dos principais conceitos de gestão de projetos, desde a unidade mais básica, o próprio projeto, até ao portefólio de projetos e os atores inseridos nesse cenário, que são os gestores de projetos e o *Project Management Office* (PMO). Em seguida, serão apresentados os conceitos pertinentes relacionados com o escalonamento dos projetos, como o conceito de escalonamento de projetos incluindo as abordagens desenvolvidas para resolução dos problemas de escalonamento de projetos, devido ao seu interesse prático e teórico da área em estudo.

### 2.1 Conceitos gerais de gestão de projetos

Para Söderlund (2004) o campo profissional da gestão de projetos nos dias de hoje é diversificado, multifacetado e com inúmeras tentativas de padronização dos processos da gestão de projetos. É possível citar o PMI (*Project Management Institute*) e o IPMA (*Internacional Project Management Association*), como organizações que procuram promover a padronização da gestão de projetos, além da realização de conferências e de programas de certificação para os gestores de projetos. Ainda em consonância com o autor referido, no decorrer do desenvolvimento das práticas de gestão de projetos, muitos textos têm sido publicados em revistas e jornais, assim como foram desenvolvidos grupos de *networking* para disseminação do conhecimento na área de gestão de projetos, por exemplo o *Project Management Journal* e o *International Research Network for Organizing by Projects* (IRNOP), respectivamente, que mostram a gestão de projetos como uma forma de resolução de problemas organizacionais complexos.

Para Garel (2013) a gestão de projetos é um tema que está em alta desde 1980. O autor relata que o interesse pelo tema possui vários significados, dada a possibilidade de aplicação da gestão de projetos em vários setores, como por exemplo: serviços, indústrias de produção em massa e



organizações públicas. As autoras Marcella e Rowley (2015) comentam sobre um esforço consciente para codificação e sistematização das técnicas e de ferramentas de gestão de projetos, iniciado desde meados de 1950. As autoras referem que para entender o trajeto da gestão de projetos no decorrer do tempo é preciso especificar o objeto de estudo. No caso do presente trabalho, a unidade de partida é o próprio projeto.

### 2.1.1 Projeto

De acordo com o PMI (2017) um projeto é um esforço temporário aplicado com a finalidade de criar um produto ou um serviço único. Nesta definição importa destacar duas palavras, temporário e único. O projeto é temporário por ter um âmbito delimitado, ou seja, tem um início e fim bem definidos. E um projeto é único, pois apesar de existirem semelhanças entre projetos, numa visão holística os projetos são singulares. Para o IPMA (2015) os projetos são únicos, temporários, multidisciplinares, organizados para alcançar um objetivo com entregáveis que respeitam as restrições do projeto e requisitos predefinidos.

Para os autores Rostami, Creemers e Leus (2018) projeto pode ser definido como um esforço temporário para atingir metas claramente definidas. Para esses autores, um projeto envolve um conjunto de atividades a serem executadas, que devem respeitar as restrições de precedência e de limitações pertinentes ao projeto.

Os autores Cano e Lidón (2011) realizam uma comparação sobre a definição de projetos fornecida pelo PMI e pelo IPMA, as duas maiores organizações da área de gestão de projetos. Para os autores, a definição fornecida pelo PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) é uma definição que, em suma, inclui o processo de inicialização, com o desenvolvimento do *Project Charter*, a declaração das atividades do projeto e, por fim, a declaração preliminar do âmbito do projeto. Por outro lado, o IPMA possui como competência básica, relacionar a definição de gestão de projetos com a satisfação das necessidades e expectativas das partes interessadas.

Sendo assim, apesar das similaridades existentes entre as definições do PMI e do IPMA sobre os projetos serem únicos, temporários e possuírem um âmbito bem delimitado para alcançar os objetivos desejados, essas duas organizações possuem, num olhar mais minucioso, abordagens diferentes e óticas que não se sobrepõem. Para o PMI a ênfase dos projetos está nos processos e nas atividades que os constituem, o que contribui para a implementação de práticas *standard* de gestão de projetos e uma linguagem comum dentro da organização. O IPMA possui uma concentração maior nos princípios inerentes à gestão de projetos. Enquanto o PMI possui uma

visão sobre projetos mais pragmática o IPMA concentra-se nas competências necessárias para a gestão do projeto.

Rodríguez-Segura *et al.* (2016) dissertam sobre a vasta quantidade de definições de projeto e as dificuldades de encontrar uma definição que não gere controvérsia. Da mesma forma, definir os fatores de sucesso, mencionados no capítulo anterior, também não é uma tarefa simples, em que muitos autores já fizeram uso de critérios quantitativos e avaliações de fatores indiretos, no intento de mensurar o sucesso de um projeto.

Apesar das abordagens que foram desenvolvidas nos últimos trinta anos, existe a consciência de que o projeto precisa de ser avaliado de uma perspectiva que está além do triângulo dourado, apesar da importância de executar o projeto dentro do tempo e do orçamento determinado sem descuidar a qualidade requerida do projeto, é preciso considerar outros elementos como, por exemplo, incluir a perspectiva dos *stakeholders*. Esses três elementos do triângulo dourado, o tempo, o orçamento e a qualidade (*scope*), ainda são dos mais importantes dentro de um projeto, apesar de terem maior ênfase na eficiência do projeto (Williams, Ashill, Naumann, & Jackson, 2015).

A literatura mostra diversas formas de classificação de projetos, variando em função do critério utilizado para realização da classificação, visto que cada tipo de indústria, em geral, possui objetivos e preferências diferentes (Araújo, Alencar, & Mota, 2017). Um dos tipos de projetos são os projetos de industrialização, que são os tipos de projetos em questão no contexto em que a investigação foi desenvolvida.

### 2.1.2 Projetos de industrialização

Perrotta *et al.* (2017) define projetos de industrialização como projetos que estão relacionados com o *setup* da linha de manufatura para produzir um certo produto, visando reduzir os custos de produção e aumentar a eficiência e eficácia da manufatura. Para Chirumalla *et al.* (2018) um projeto de industrialização pode ser definido como a transferência da engenharia de *design* do produto para a produção, incluindo as atividades requeridas para tornar possível a manufatura do produto e prepará-lo para a produção. Ainda em consonância com Chirumalla *et al.* (2018), é possível destacar as fases dos projetos de industrialização, apontando duas vertentes na literatura, sendo uma vertente com maior ênfase na produção e outra vertente com um olhar mais amplo sobre as fases dos projetos de industrialização. A primeira vertente que possui uma ênfase na produção, sendo considerado apenas o teste da produção, a produção piloto e o *ramp-up* da produção. A segunda vertente que possui uma vista estendida dos projetos de

industrialização, considera a fase conceptual de desenvolvimento até a fase final, o *ramp-up* da produção.

Os autores Nafisi, Wiktorsson e Rösiö (2016) definem projetos de industrialização como um processo com uma série de atividades que resultam num produto final, como ilustrado na Figura 1. Esse processo pode ser dividido em seis fases seguidas de um sistema *gate to check* para verificação e avaliação de cada fase, de modo a assegurar o progresso do projeto no decorrer do processo de industrialização.



Figura 1 - Fases de projeto de industrialização genérico  
(Nafisi et al., 2016)

De forma sucinta, será descrita cada fase. A primeira fase, *Planning*, é referida como a fase zero, pois precede a fase de aprovação do projeto e lançamento do processo de desenvolvimento do produto. Na segunda fase, *Concept Development*, é feita a identificação do mercado, são geradas e avaliadas ideias alternativas para o produto e são escolhidas uma ou mais ideias para futuramente serem desenvolvidas e testadas. A terceira fase, *System-level design*, inclui a definição da arquitetura do produto, decomposição do produto em subsistemas e componentes, realização de um desenho preliminar dos componentes chave. A quarta fase, *Detail Design*, inclui a especificação completa e os limites de todas as dimensões e limites de tolerância do produto. A quinta fase, *Test and fine-tuning*, envolve a construção e avaliação da pré-produção de múltiplas versões do produto. E, por fim a última fase, *production ramp-up*, onde o produto é feito, fazendo uso do sistema de produção desenvolvido, para verificar se é adequado para a posterior produção em massa (Ulrich & Eppinger, 2011).

O autor Chirumalla (2018) descreve que muitas organizações têm adotado alguma forma de padronizar e estruturar o modelo de *stage-gate* para melhor gerir o desenvolvimento dos seus respectivos projetos. Esses modelos surgiram como uma forma de ressaltar melhores práticas no desenvolvimento de projetos, originando uma maior facilidade no planeamento, na melhoria da comunicação e promovem ainda uma terminologia e uma linguagem comum.

O processo de *stage-gate* tem sido amplamente adotado como um guia para conduzir novos produtos ao mercado. O primeiro modelo de *stage-gate* foi introduzido no ano de 1980, sendo baseado numa investigação que tinha como foco o que equipas de gestores de projetos e de negócios fazem quando desenvolvem com sucesso novos produtos. A Figura 2 ilustra, de uma forma geral, como são os modelos de *stage-gate* (Cooper, 2009).

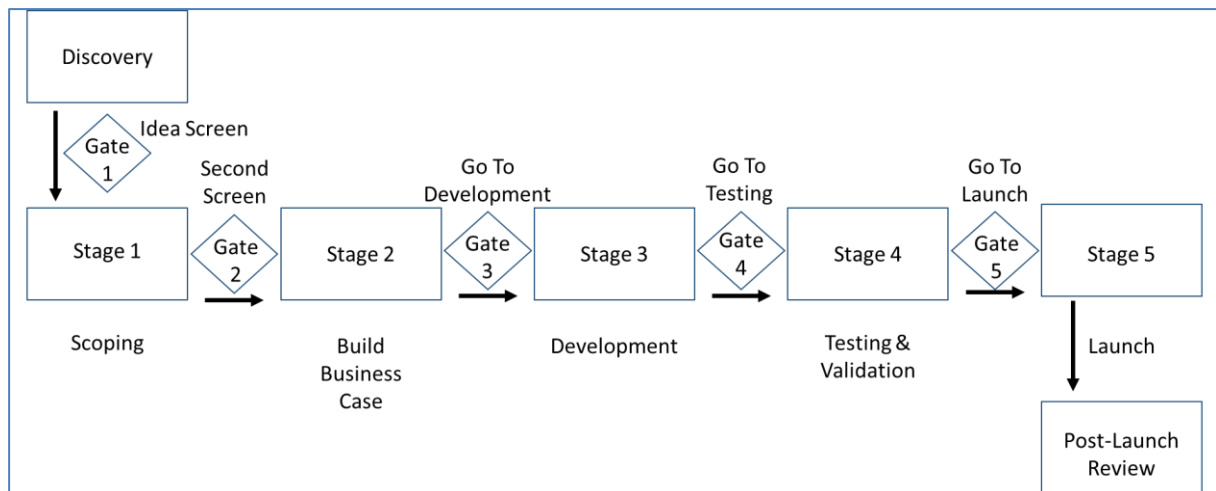


Figura 2- Stage Gate System  
(Cooper, 2009)

Como ilustrado acima, a ideia básica do modelo de *stage-gate* é que o processo em diferentes fases possui uma *quality-gate*, em pontos críticos, de forma a assegurar que o alvo será alcançado, assegurando que os entregáveis de uma determinada fase sejam feitos antes que se passe para a fase seguinte. As *quality-gates* representam pontos decisão, critérios de decisão, que determinam, com base no *status* corrente do processo, se o projeto deve seguir para a próxima fase ou deve ser adaptado/revisto ou, em último caso, ser interrompido. Como exemplos de casos de sucesso, na implementação de modelos de *stage-gate*, é possível citar empresas como BMW, Audi, General Motors, Daimler e Bosch (Wuest, Liu, Lu, & Thoben, 2014).

Os projetos, em geral, são construídos continuamente em progresso no tempo e inseridos em contextos múltiplos. Sendo assim, é imprescindível que, no decorrer dos projetos, seja possível entender o progresso de mudança (van den Ende & van Marrewijk, 2014); dessa forma, os modelos *stage-gate* promovem uma visão holística do projeto, ou seja, uma melhor percepção do início ao fim do projeto, também conhecido como ciclo de vida de um projeto.

### 2.1.3 Ciclo de vida de um projeto

O projeto pode ser dividido em fases, onde cada fase possui um conjunto de atividades e de entregáveis, sequenciadas do início ao fim do projeto. Essas fases são conhecidas como ciclo de vida do projeto. Pode-se dizer que, genericamente, as fases que constituem um projeto são: início do projeto; organização e planeamento do projeto; execução do projeto; e, finalização do projeto (PMI, 2017), como pode ser visto na Figura 3.

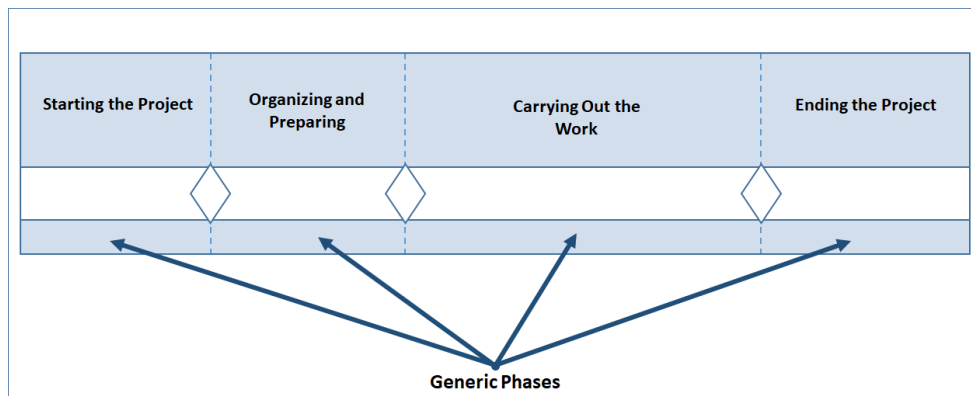


Figura 3 - Ciclo de vida do projeto  
(PMI, 2017)

Os autores Jugdev, Müller, Thi e Swierczek (2005; 2010) comentam que, apesar das muitas definições e taxonomias que possam existir, quando se relacionam os modelos de ciclo de vida dos projetos e a gestão de projetos, independentemente do contexto de aplicação, as fases do ciclo de vida de um projeto são: concepção, planejamento, execução e encerramento do projeto. Os autores Steenkamp e Bekker (2018) comentam que os nomes e os números de fases podem variar de acordo com as necessidades de controle da gestão de cada organização, a natureza do projeto e o contexto no qual será desenvolvido. As fases podem ser decompostas em objetivos funcionais, resultados intermediários, *milestones* específicas e pontos de aprovação financeiros. Para Wibowo *et al.* (2018) o ciclo de vida de um projeto consiste nas fases de desenvolvimento da ideia do projeto, de planejamento, de construção, de operação e de manutenção. O ciclo de vida de um projeto geralmente descreve o trabalho técnico a ser feito em cada fase e quem deve estar envolvido em cada fase.

A constante mudança, a falta de linearidade e, por vezes, a imprevisibilidade que ocorrem no decorrer do ciclo de vida do projeto é a principal preocupação dos gestores de projeto. Os estudos sobre o ciclo de vida de um projeto têm sido fortemente correlacionados com os temas de tempo, duração e estruturação temporal (van den Ende & van Marrewijk, 2014).

Investigadores e praticantes de gestão de projetos, em geral, usam o modelo de ciclo de vida para perceber como os projetos variam de um ponto a outro no tempo. O ciclo de vida de um projeto traz um nível de consistência para a gestão de projetos, fornece um veículo de comunicação, facilita a pré-implementação das atividades e assegura a qualidade requerida do projeto. O conceito de ciclo de vida do projeto é que durante um dado estágio, certos requisitos devem ser alcançados ou o projeto não pode passar para o estágio seguinte. O modelo mais básico inclui as fases de iniciação, onde o projeto é oficializado, seguido do planejamento, execução e conclusão (Kloppenborg, Tesch, & Manolis, 2014).

O ciclo de vida de um projeto fornece um panorama básico para a gestão de projetos. Entender os benefícios da investigação realizada sobre o ciclo de vida de gestão de projetos é compreender que o conceito de ciclo de vida de projeto fornece um importante panorama sobre a dinâmica do projeto no decorrer do tempo. Dentro de ciclo de projetos, um projeto tipicamente precisa de ser dividido em fases para eficientemente gerir a conclusão da maior entrega na gestão de projetos que é o próprio projeto (Patanakul, Iewwongcharoen, & Milosevic, 2010).

#### 2.1.4 Gestão de projetos

Como já referido, a gestão de projetos é um tema que não é recente. Como consequência da relevância do tema, como forma de suporte aos profissionais, foram desenvolvidos guias de apoio à gestão de projetos. Segundo o Project Management Body of Knowledge – PMBOK (PMI, 2017), entende-se por gestão de projetos a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto, com a finalidade de alcançar os objetivos desejados. Esse guia reúne esses conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas em 10 áreas de conhecimento e 49 processos. Em geral, a gestão de projetos inclui a identificação dos requisitos, percepção dos *stakeholders* (levantamento das necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas), gerir a relação entre os *stakeholders* e o desenvolvimento do projeto e balancear as restrições inerentes ao projeto, como por exemplo: o âmbito, a qualidade, o cronograma, o orçamento, os recursos e os riscos (PMI, 2017).

Para von Wangenheim *et al.* (2010) os processos de gestão de projetos podem ser classificados em cinco grupos, como ilustrado na Figura 4, sendo eles: grupo de processos de iniciação, grupo de processos de planeamento, grupo de processos de execução, grupo de processos de monitorização e controlo e grupo de processos de encerramento. O grupo de processos de iniciação visa definir um novo projeto ou uma nova fase dentro de um projeto já existente. O grupo de processos de planeamento inclui os processos destinados ao estabelecimento do âmbito do projeto, revisão dos objetivos para ajustes finais e definição de quais as ações necessárias para alcançar os objetivos propostos na conceção do projeto. O grupo de processos de execução procura a realização do trabalho definido no plano de gestão do projeto para atender às especificações do projeto. O grupo de processos de monitorização e controlo objetiva rastrear, rever e regular o progresso e o desempenho do projeto, identificando/realizando as mudanças que são necessárias. Por fim, o grupo de processos de encerramento visa finalizar formalmente todas as atividades dos grupos de processos anteriores.

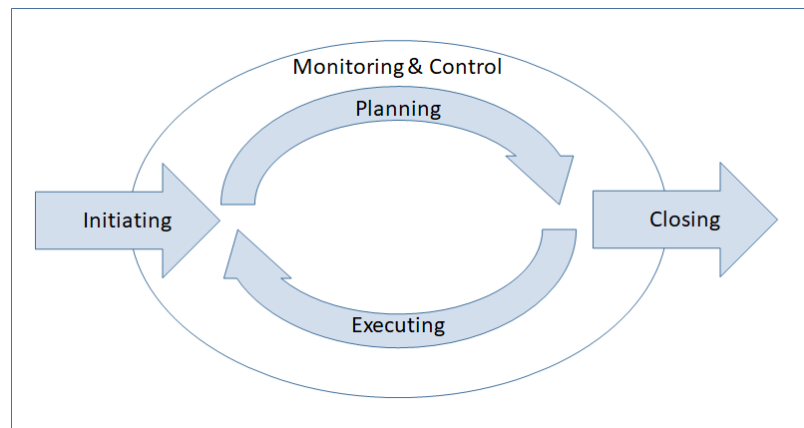


Figura 4 - Grupos de processo da gestão de projetos  
(von Wangenheim et al., 2010)

Resumidamente, as áreas de conhecimento e os processos descritos no PMBOK podem ser agrupados dentro da gestão de projetos em fases. Essas fases são constituídas de um conjunto de atividades relacionadas de modo lógico de forma a permitir a realização das entregas esperadas naquela fase do projeto. Apesar da definição se referir à singularidade existente no projeto, como já referido anteriormente, essas fases que constituem um projeto podem ser generalizadas. Essas fases, também conhecidas por ciclo de vida do projeto, são: iniciar o projeto, organizar e preparar o projeto, executar o trabalho e terminar o projeto (PMI, 2017).

As áreas de conhecimento da gestão de projetos são: integração, âmbito, cronograma (*schedule*), custo, qualidade, recursos, comunicação, risco, aquisições (*procurement*) e *stakeholders*. Isik *et al.* (2010), neste trabalho sobre o impacto dos recursos e estratégias no desempenho das empresas no sector de construção civil, destacam algumas áreas de conhecimento como *Schedule Management*, *Cost Management*, *Risk Management*, *Quality Management*, e *Human Resources Management*. Como exemplo da importância dessas áreas de conhecimento, no que concerne à área de *Schedule Management*, os autores comentam que é nesta área que se podem fazer as estimativas de vários parâmetros que podem causar atrasos ou tornar possível adiantar o término do projeto.

Cada área é composta por um grupo de processos. Estes são compostos por ferramentas e técnicas que procuram aplicar as habilidades e competências descritas nas áreas de conhecimento. Como pode ser visto na Figura 5, cada área de conhecimento possui os seus respetivos processos, estes são compostos por: *inputs*; ferramentas e técnicas; e, *outputs* (von Wangenheim et al., 2010).

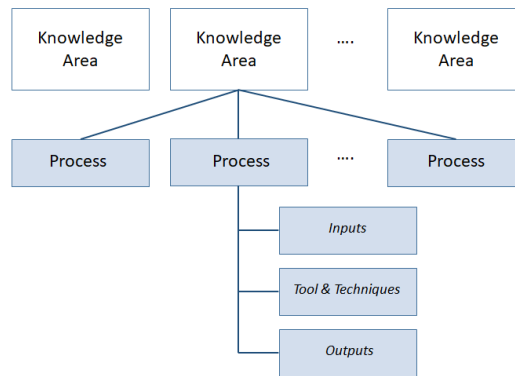


Figura 5 - Estrutura dos grupos de processo  
(von Wangenheim et al., 2010)

Devido à vasta quantidade de processos que há na gestão de projetos e também para melhor situar o contexto do trabalho, a presente dissertação focar-se-á na área de conhecimento de Gestão do Cronograma do Projeto (*Project Schedule Management*) e de Gestão de Recursos do Projeto (*Project Resource Management*). Estas serão melhor detalhadas nas duas secções seguintes.

#### Gestão de cronograma do projeto

Os processos referentes à área de conhecimento de gestão do cronograma do projeto são: *Plan Schedule Management*, *Define Activities*, *Sequence Activities*, *Estimate Activity Durations*, *Develop Schedule* e *Control Schedule* (PMI, 2017). No *Project Schedule Management*, com o intuito de alcançar as metas previamente determinadas, é concebido o cronograma do projeto. Esta área está relacionada com a gestão dos recursos necessários para execução das atividades (Habibi, Taghipour Birgani, Koppelaar, & Radenović, 2018).

A área de escalonamento de projetos passa por uma alteração de nomenclatura e mudança em alguns processos. Nas edições anteriores do PMBOK era designada por *Project Time Management*, passando nesta última versão a ser conhecida como *Project Schedule Management*. De forma sintética, pode-se dizer que a gestão do cronograma de um projeto consiste em gerir o término pontual do projeto. Os processos inerentes a essa área serão melhor descritos nos parágrafos seguintes, segundo o PMBOK publicado pelo PMI (2017).

O primeiro processo, *Plan Schedule Management*, tem a função de nortear a gestão do cronograma ao longo do projeto. Dessa forma, é no processo de *Plan Schedule Management* que são determinadas as políticas, os procedimentos e os documentos para o planeamento, o desenvolvimento, a execução e o controlo do cronograma do projeto. Os **inputs** para esse processo são o Project Charter, o Project Management Plan (PMP), os fatores ambientais da empresa e os ativos de processos organizacionais. Como **ferramentas e técnicas** aplicadas no primeiro processo têm-se a opinião especializada, análise de dados e reuniões. Na opinião



especializada é considerada a *expertise* de indivíduos que possuam conhecimento ou treinamento na área do projeto. A análise de dados pode corresponder à análise de alternativas que pode incluir qual a metodologia que deverá ser adotada para o cronograma do projeto. E, as reuniões podem ser usadas para desenvolver o plano de gestão do cronograma. No fim desse processo como **output** tem-se o plano de gestão do cronograma. Este plano é uma parte constituinte do plano de gestão do projeto, que possui certa flexibilidade quanto à formalidade e nível de detalhe.

Em seguida, no segundo processo, *Define Activities*, objetivam-se, identificam-se e documentam-se as ações que serão necessárias para realizar as entregas do projeto. O principal resultado desse processo é a divisão dos pacotes de trabalho em atividades. O **input** desse processo é o PMP, fatores ambientais da empresa e ativos de processos organizacionais. Como ferramentas e técnicas, temos: opinião especializada, decomposição, *rolling wave planning* e reuniões. Nesse processo há a técnica de decomposição do âmbito do projeto em partes menores, para proporcionar uma maior facilidade na gestão. *Rolling wave planning* é uma técnica interativa, em que quando os compromissos de uma fase predecessora estão próximos de estarem concluídos, os compromissos da fase subsequente são revistos (Pender, 2001). O **output** esperado é a lista de atividades, os atributos das atividades, a lista de marcos, os pedidos de alteração e as atualizações no plano de gestão do projeto. É na lista de atividades onde está o identificador e uma descrição de cada atividade que seja suficiente para a compreensão do que precisa ser feito. Os atributos das atividades permitem uma ampliação da descrição das atividades. Na lista de marcos está identificado cada ponto ou evento significativo no projeto e indica se há obrigatoriedade ou não de cada marco. Com o avanço do projeto e com a linha de base do projeto já definida, pode ser que sejam identificadas atividades que a princípio não foram consideradas e, portanto, a necessidade de pedidos de alteração.

No terceiro processo, *Sequence Activities*, são identificados e registrados os relacionamentos entre as atividades, ou seja, a sequência lógica do processo, que permite alcançar melhores níveis de eficiência diante das restrições do projeto. Os **inputs** desse processo são o PMP, os documentos do projeto, os fatores ambientais da empresa e os ativos de processos organizacionais. As **técnicas e ferramentas** utilizadas neste processo são: o método do diagrama de precedência (*Precedence Diagramming Method* - PDM), a integração e determinação de dependências, as antecipações (*Leads*) e esperas (*Lags*) e o sistema de informações de gestão de projetos (*Project Management Information System* – PMIS). O PDM é uma técnica para desenvolver um modelo de cronograma, que possui a capacidade de modelar as relações de precedência lógicas entre atividades, sendo ainda possível incorporar *leads* e *lags*

(Hebert & Deckro, 2011). As dependências podem ser categorizadas como obrigatórias ou arbitrárias, internas ou externas. Os PMIS são sistemas que suportam toda a informação resultante do ciclo de vida de um projeto, facilitando a sua conclusão, em particular em sistemas complexos, sujeitos a incertezas como tempo, mercado ou dinheiro (Teixeira, Xambre, Figueiredo, & Alvelos, 2016). Os outputs deste processo são o diagrama de rede do cronograma do projeto, as atualizações do projeto com os atributos das atividades, as listas de atividades e registo de premissas, e a lista de marcos. Desses **outputs**, sobressai o diagrama de rede do cronograma do projeto que é uma representação gráfica das relações lógicas entre as atividades, que clarifica as relações de dependência entre as atividades do projeto.

É importante salientar que a estruturação das precedências lógicas no escalonamento de projetos é uma atividade de grande importância, para traduzir o mais corretamente possível as dependências existentes. Pode-se dizer que há quatro tipos de relações de precedência lógica entre as atividades de um projeto, sendo elas: *Finish-to-Start* (FS), *Start-to-Start* (SS), *Finish-to-Finish* (FF) e *Start-to-Finish* (SF) (Golpayegani & Parvaresh, 2011).

Ainda sobre a representação das precedências das atividades de um projeto podemos destacar *Activity-on-Arrow* (AOA), *Activity-on-Arrow* (AON) e gráfico de *Gantt*. Na forma AOA, os nodos representam eventos e os arcos representam as atividades. Na forma AON, as atividades e suas informações de parâmetro são representadas nos nodos e as relações de precedência são representadas por arcos direcionados. Por fim, o gráfico de *Gantt* é o mais vulgarmente utilizado, composto por barras horizontais com o escalonamento das atividades, possibilitando assim o acompanhamento do projeto. Uma comparação entre as formas de representação é que nas representações AOA e AON, percebe-se melhor as relações de precedência entre as atividades, o que não acontece no gráfico de *Gantt* (Kolisch & Padman, 2001; Sharon & Dori, 2017).

No quarto processo, *Estimate Activity Durations*, é feita a estimativa de períodos de trabalho necessários para concluir as atividades individuais com os recursos estimados. Como **input** têm-se o plano de gestão do projeto, documentos do projeto, fatores ambientais e ativos de processos organizacionais. Das **ferramentas e técnicas**, é possível citar a opinião especializada, estimativa análoga, estimativa paramétrica, estimativa de três pontos, estimativa *bottom-up*, análise de dados (análise de alternativas e análise de reservas), tomada de decisões e reuniões. A estimativa análoga, por vezes nomeada por estimativa *top-down*, é um método vulgarmente utilizado para mensurar a quantidade de informações que se tem sobre o projeto na parte inicial do ciclo de vida do projeto (Henry, McCray, Purvis, & Roberts, 2007). A estimativa paramétrica é obtida utilizando as relações de estimativa de durações e as

características do projeto, através de um algoritmo para determinar uma aproximação da duração total do projeto (Kwak & Watson, 2005). A estimativa de três pontos realiza uma estimativa de probabilidade subjetiva, considerando três cenários para estimar o prazo (otimista, mais provável e pessimista) (B. Kim & Reinschmidt, 2009). Na estimativa *bottom-up* atribuem-se estimativas detalhadas às atividades individuais, sendo depois agregadas nas atividades sumárias (Loudon, 2012). Para análise dos dados, consideram pontos como alternativas diferentes, níveis de capacidade dos recursos e técnicas de compressão do cronograma, por exemplo. As técnicas de tomada de decisão podem ser as mais variadas, podendo ser por votação até análise multicritério. Como **output** do processo *Estimate Activity Durations* são esperadas as estimativas de duração, bases das estimativas e atualizações do projeto, referente às atividades, registo de premissas e registo de lições aprendidas.

O quinto processo, *Develop Schedule*, visa realizar a análise das relações de precedência entre as atividades, das durações, dos requisitos de recursos e das restrições de cronograma, para criar um modelo de cronograma exequível. Os **inputs** são o PMP, documentos do projeto, acordos, fatores ambientais da empresa e ativos organizacionais. Como **ferramentas e técnicas**, temos a análise de rede do cronograma, o *Critical Path Method* (CPM), a otimização de recursos, a análise de dados, as antecipações e as esperas, a compressão do cronograma, o PMIS e o planeamento ágil de entregas. A análise de rede do cronograma é uma técnica que engloba várias outras técnicas como o CPM, técnicas de otimização de recursos e modelação, com a finalidade de gerar o modelo do cronograma. O método CPM usa-se para calcular os parâmetros de operação, como *earliest start time*, *latest start time*, *earliest finish time*, *latest finish time* e *slack* (Zareei, 2018). A otimização dos recursos procura o ajuste das datas de início e término, com o intuito de nivelar o uso dos recursos planeados. Na análise de dados, podemos citar, como exemplo, a análise do cenário “E-se”, que avalia os impactos nos objetivos do projeto de possíveis cenários, e o exemplo da simulação, que modela os efeitos combinados de riscos individuais do projeto e outras fontes de incerteza para mensurar o impacto na realização dos objetivos do projeto. Como exemplo, é possível citar os problemas de restrição de duração ou de recursos do projeto, onde na rede de atividades do projeto é possível testar cenários em que as atividades são antecipadas ou atrasadas com o intuito de testar possíveis soluções para essas restrições. A compressão do cronograma é comumente executada para estabelecer o equilíbrio entre o custo e duração do projeto. Tem como objetivo comprimir o cronograma do projeto sem alterar o âmbito do projeto, para atender às restrições e objetivos do cronograma (Moselhi & Roofigari-Esfahan, 2012). O PMIS possibilita a inserção das informações e utilização das técnicas descritas nesse processo. Como **output** do quinto processo é esperado a

obtenção da linha de base do cronograma, o cronograma do projeto, os dados do cronograma, o calendário do projeto, os pedidos de alteração e as atualizações do plano de gestão e dos documentos do projeto. A linha de base do cronograma, no final desse processo, é a versão do cronograma aprovada pelos *stakeholders*, com possibilidade de alterações apenas por meio de procedimentos formais.

O último processo é *Control Schedule*. O objetivo é monitorizar a execução do projeto, atualizar o cronograma do projeto e gerir as alterações na linha de base do projeto. Nessa etapa, é considerado cada documento e plano elaborado e com uso de ferramentas de análise de desempenho, a proximidade entre o planeado e o que está a ser executado, de forma a ser possível reunir informações necessárias para identificação do desempenho do projeto e atualização das previsões do cronograma. Os **inputs** desse processo são o plano de gestão do projeto, os documentos do projeto, dados de desempenho do trabalho e ativos organizacionais. Como **ferramentas e técnicas** têm-se a análise de dados (através, p.e., de *Earned Value Analysis*), método do caminho crítico, PMIS, otimização dos recursos, antecipações e esperas e compressão do cronograma. Como **outputs** são esperadas as informações sobre o desempenho do trabalho, as previsões do cronograma, pedidos de alteração, as atualizações do projeto e as atualizações de documentos do projeto.

O escalonamento do projeto e planeamento dos custos são elementos chave para a gestão do projeto e são cruciais para o sucesso do projeto. Assim nos processos descritos e em específico nos que se referem ao desenvolvimento do cronograma, é fundamental o uso de métodos que auxiliem no problema de escalonamento de projetos. Ressaltam-se dois métodos comuns de programação de redes, o *Critical Path Method* (CPM) e *Project Evaluation and Review Technique* (PERT). Esses dois métodos permitem auxiliar a controlar e adaptar o cronograma do projeto durante a sua execução (Habibi, Taghipour Birgani, et al., 2018).

#### Gestão dos recursos do projeto

A gestão de recursos do projeto inclui os processos de identificação, aquisição e gestão dos recursos necessários para realização do projeto com sucesso. Esses processos ajudam a assegurar que os recursos corretos estarão disponíveis para o gestor e a equipa do projeto no tempo e no lugar corretos. O planeamento da gestão de recursos deve considerar e planear a disponibilidade, ou a competição, dos recursos escassos. Os processos de gestão de recursos são: *Plan Resource Management*, *Estimate Activity Resources*, *Acquire Resources*, *Develop Team*, *Manage Team* e *Control Resources* (PMI, 2017). Esses processos serão brevemente descritos, sendo destacados os seus respetivos *inputs*, ferramentas e técnicas e *outputs*.

O primeiro processo é o *Plan Resource Management*, que tem como objetivo a definição dos processos posteriores, ou seja, como será feita a estimativa, a aquisição, a gestão e a utilização dos recursos e da equipa. Como **inputs** desse processo têm-se o *project charter*, o plano de gestão do projeto, os documentos do projeto, os fatores organizacionais e os ativos da empresa. Como **ferramentas e técnicas** têm-se opinião de *experts*, representação dos dados (p.e. matriz de atribuição de responsabilidades), teoria organizacional e reuniões. É possível destacar para o uso de representação dos dados ferramentas que estão além do uso de gráficos, como por exemplo o *Work Breakdown Structures* (WBS), *Organizational Breakdown Structure* (OBS) e *Resource Breakdown Structure* (RBS), estes são, em suma, formas de mostrar os entregáveis de forma detalhada em *work packages* e, a um nível mais amplo, as áreas de responsabilidade. São considerados como ferramentas fundamentais para eficiência do projeto, como também para a gestão do projeto de uma forma geral (Globerson, 1994; Kenley & Harfield, 2014). Como **outputs** têm-se o plano de gestão de recursos, o *team charter* e atualização dos documentos do projeto.

Em seguida o *Estimate Activity Resources*, que tem como objetivo estimar os recursos de equipa e o tipo e as quantidades de material, de equipamento e dos suprimentos necessários para executar o trabalho do projeto. Como **inputs** têm-se o plano de gestão do projeto, documentos do projeto, os fatores organizacionais e os ativos da empresa. Como **ferramentas e técnicas** têm-se a opinião de *experts*, a estimativa *bottom-up*, a estimativa análoga, a estimativa paramétrica, a análise dos dados, o sistema de informação da gestão do projeto e as reuniões. Como **outputs** têm-se requisitos dos recursos, bases para as estimativas, *Resource Breakdown Structure* (RBS) e atualização dos documentos. O RBS é um conceito fundamental para capturar o quanto de cada recurso pertence a cada equipa e como as habilidades interpessoais, dos integrantes do projeto, estão distribuídas pelas equipas do projeto, de forma a alcançar uma maior homogeneidade na alocação dos recursos (Abrantes & Figueiredo, 2015).

O terceiro processo *Acquire Resources*, possui como intento obter os membros da equipa, os equipamentos, os materiais, os fornecedores e os outros recursos que possam ser necessários para completar o projeto. Os **inputs** são o plano de gestão do projeto, documentos do projeto, os fatores organizacionais e os ativos da empresa. Como **ferramentas e técnicas** têm-se a tomada de decisão, competências da equipa e interpessoais, pré-alocação e equipas virtuais. Padovani e Carvalho (2016) comentam que a alocação de recursos é uma parte importante na gestão de projetos, e deve ser uma das etapas a serem priorizadas, visto que os recursos humanos, por exemplo, em geral são limitados e acrescentam restrições ao problema. Esta é uma razão do crescente número de ferramentas de suporte à decisão nesta área, visto que o

processo de tomada de decisão possui uma complexidade diretamente proporcional ao número de fatores que estão a ser considerados. Como **outputs** têm-se alocação dos recursos físicos, alocação das equipas do projeto, calendários dos recursos, pedidos de alteração, atualização do plano de gestão do projeto, atualização dos documentos do projeto, fatores organizacionais e ativos da organização atualizados.

O quarto processo é o *Develop Team* que objetiva melhorar as competências, a interação dos membros da equipa, e, sobretudo, o espírito de equipa, a fim de melhorar o desempenho do projeto. Os **inputs** são o plano de gestão do projeto, PMP, os documentos do projeto, os fatores organizacionais e os ativos da empresa. Como **ferramentas e técnicas** têm-se colocação, equipas virtuais, tecnologia de comunicação, habilidades interpessoais e de equipa, reconhecimento e prémios, treinamento, avaliações individuais e da equipa e reuniões. É importante ressaltar que um dos fatores considerados como influência no alcance do sucesso do projeto são as *competency skills* dos gestores de projeto e membros de equipa (Cao & Hoffman, 2011). Assim, a gestão dos recursos humanos é tão ou mais importante quanto a gestão dos recursos físicos, visto que também é gestão de recursos identificar as habilidades necessárias, seja do gestor do projeto ou da equipa do projeto, para um melhor desempenho da execução do projeto. Como **outputs** têm-se avaliação do desempenho da equipa, pedidos de alteração, e, plano de gestão do projeto, documentos do projeto, fatores organizacionais e ativos da organização atualizados.

O quinto processo é o *Manage Team*. Procura identificar qual tem sido o desempenho da equipa e retornar essa informação como meio de feedback, bem como solucionar questões que possam ter surgido e coordenar as alterações que eventualmente tenham ocorrido, com o objetivo de melhorar o desempenho do projeto. Os **inputs** são o plano de gestão do projeto, os documentos do projeto, os relatórios de desempenho do trabalho, a avaliação do desempenho da equipa, os fatores organizacionais e os ativos da empresa. Como **ferramentas e técnicas** têm-se as habilidades interpessoais e da equipa e os sistemas de informação para gestão do projeto. No que tange às habilidades interpessoais, é possível destacar a capacidade de resolução de conflitos no decorrer do projeto. O autor Ogunbayo (2013) comenta que dentro de um projeto existem muitos fatores que competem, dificultando a entrega das tarefas de cada equipa. Das muitas habilidades que um gestor de projetos deve ter, uma delas é a capacidade de resolver os conflitos dentro do ciclo de vida do projeto. Ou seja, é preciso identificar os problemas que trazem improdutividade, resolvê-los e trazer a consciência para a equipa do projeto da prevenção desses conflitos conforme possam aparecer. Como **outputs** têm-se os pedidos de

alteração, o plano de gestão do projeto atualizado, a atualização dos documentos do projeto e a atualização dos fatores organizacionais.

Por fim, o último processo é o *Control Resources*. Esse processo visa assegurar que os recursos físicos designados e alocados ao projeto estão disponíveis conforme o planejado, bem como a monitorização do uso dos recursos, entre o planejado e o *status* atual, e implementar ações corretivas, caso seja necessário. É um processo que faz parte de um dos fatores chave para o equilíbrio entre tempo e custos, além de ser uma das formas de identificação de ações corretivas num tempo aceitável (Vanhoucke, 2019). O trabalho de Perrier, Benbrahim e Pellerin (2018) realiza uma análise sobre o processo de controlo na gestão de projetos, através de uma análise de uma rede de ligações que procura mensurar a centralidade, a cerne do controlo na gestão de projetos, e os principais vértices, pontos que possuem maior relacionamento com a gestão de projetos. Um dos resultados dessa análise foi que projetos que possuem limites de tolerância mais apertados necessitam de um genuíno controlo. Os **inputs** são o plano de gestão do projeto, os documentos do projeto, os dados do desempenho do trabalho, os acordos e os ativos do processo organizacional. Como **ferramentas e técnicas** têm-se análise dos dados, resolução dos problemas, habilidades interpessoais e de equipa e sistema de informação da gestão do projeto. Como **outputs** têm-se informação do desempenho do trabalho, pedidos de alteração, atualização do plano de gestão do projeto, atualização dos documentos do projeto.

#### 2.1.5 Gestão de programas

A gestão de programas coordena de forma precisa um conjunto de projetos relacionados. Pode ser considerado como uma cadeia de projetos que contribuem para o alcance de um objetivo específico. Programas podem ser definidos como um grupo de projetos relacionados coordenados de forma a obter lucro e controlo que individualmente não seria possível ou também como uma estrutura que agrupa projetos existentes ou define novos projetos para focar todas as atividades requeridas e, assim, alcançar um conjunto maior de benefícios (Maniak & Midler, 2014).

Gerir os projetos em forma de programas é uma forma de criar valor nos projetos que pertencem a um determinado programa que não seria possível se esses projetos fossem geridos de forma isolada. Sendo assim, a entrega dos objetivos não é vista de forma de individual, considera-se o alcance dos objetivos de forma integrada. Dessa forma, os objetivos fundamentais da gestão de programas podem ser destacados como: objetivos de eficiência e efetividade, que podem ser alcançadas com uma abordagem integrada sobre a gestão dos projetos; e, o foco nos objetivos

do negócio, ou seja, um alinhamento dos projetos com os requisitos, objetivos, diretrizes e cultura da organização (Lycett, Rassau, & Danson, 2004).

O PMBOK contempla a relação entre projetos, programas e portfólios. Neste manual, programas podem ser entendidos como projetos relacionados, projetos que subsidiam outros, ou programas de atividades geridas de forma a obter benefícios que não estão disponíveis se houver uma gestão individual desses projetos. A gestão dos programas, portanto, é a aplicação de conhecimento, habilidades e princípios a um programa com a finalidade de encontrar os objetivos desse programa e obter benefícios e controlo que não estão disponíveis se gerir os componentes do programa de forma individual (PMI, 2017).

Como é possível ver na Figura 6, esta relação torna-se importante destacar, visto que proporciona uma perspetiva sobre a gestão dos projetos de maneira organizacional. Dentro dos portfólios estão os programas e os projetos que não possuem relações com outros projetos. Os programas, por sua vez, são compostos por projetos que possuem relação com um ou mais projetos de forma a aumentar o desempenho desses projetos, numa perspetiva organizacional. Cada elemento da gestão de projetos organizacional deve apontar para uma estratégia organizacional, a fim de gerir os recursos e os *stakeholders* que estão disponíveis dentro da organização, proporcionando um melhor desempenho, melhores resultados e uma vantagem competitiva sustentável para a organização.

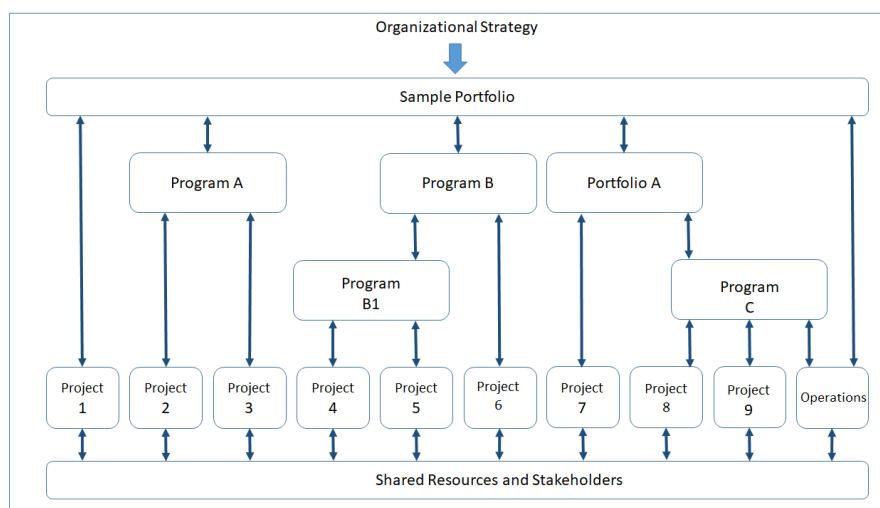


Figura 6 - Relação entre portfólio, programa e projeto  
(PMI, 2017, p.12)

A gestão de programas de projetos pode ser considerada como uma forma de organizar os vários projetos de uma organização. A gestão de programas de projetos e de portfólio de projetos são duas formas distintas de gestão dos projetos. Contudo, é possível destacar as semelhanças como a questão de procurar fazer com que os objetivos dos projetos contribuam para um fim em comum, além de implementar e controlar múltiplos projetos em paralelo. A gestão de



programas merece uma atenção única, visto a particularidade de como os programas estão estabelecidos para alcançar certos benefícios estratégicos da organização (Martinsuo & Hoverfält, 2018).

#### 2.1.6 Gestão de portefólios

Para uma organização se manter competitiva, não basta apenas uma gestão efetiva e eficiente de um único projeto, todavia é necessário um panorama melhor estruturado e uma gestão proactiva. A tarefa de gestão de portefólios de projetos (PPM – *Project Portfolio Management*) engloba executar um conjunto de projetos sob o suporte financeiro de uma organização específica, onde cada projeto compartilha e compete por recursos escassos. PPM pode ser considerado como um conjunto de práticas de negócio que integram projetos com outros centros de operações de negócios e incluem atividades chave com as decisões de qual projeto deve possuir mais prioridade, qual projeto deve ser adicionado ou retirado do portefólio e como devem ser alocados os recursos para esses projetos (Voss, 2012).

O conceito de portefólio de projetos emergiu de duas principais necessidades de organizações baseadas em projetos. A primeira é a de tomar decisões racionais que aumentem o lucro da organização e a segunda é a de otimizar o uso dos recursos, de modo a assegurar que esses lucros ocorram de uma maneira efetiva e eficiente (Young & Conboy, 2013). A gestão de portefólio de projetos é, por vezes, comum ou até mesmo necessária visto que em muitas organizações baseadas em projetos, em geral, possuem uma considerável quantidade de projetos a acontecerem de forma simultânea. O portefólio de projetos também pode ser entendido como um grupo de projetos que são considerados como um processo de decisão dinâmica, onde uma lista de projetos ativos é constantemente atualizada e revisada (Martinsuo & Lehtonen, 2007).

O PPM ganhou importância no decorrer dos últimos anos e, por consequência, também tem ganho atenção como área de investigação. Coordenar PPM representa uma estratégia de investimento de uma organização, de forma a garantir, também, um crescimento nos lucros da organização, além dos resultados da gestão de cada projeto. É crucial avaliar, priorizar e selecionar projetos para alinhar o portefólio com a estratégia da organização. Além de que, um portefólio bem selecionado deve otimizar os recursos e deve representar o balanço entre os riscos associados, tamanho do projeto e objetivos de curto e médio prazo (Voss, 2012).

A literatura de gestão de portefólio encoraja a avaliar, a priorizar e a selecionar projetos baseados na estratégia. De acordo com os princípios da gestão de portefólios, os recursos da organização devem ser alocados aos projetos em consonância com a estratégia da organização.

Além disso, a gestão de portfólio requer compartilhar recursos, componentes ou plataformas, ao longo da grande quantidade de projetos a serem implementados. A maior parte da literatura sobre gestão de portfólio visa as boas práticas de gestão, contudo a atual eficiência dessa gestão, até o momento, é um tópico raro de estudo (Martinsuo & Lehtonen, 2007).

Ao contrário de projetos e programas, um portfólio não tem um fim. Ao invés disso é um processo contínuo e requer regularmente que assegure os objetivos da organização. A gestão de portfólios de projetos possui uma ênfase em criar e atualizar uma lista de seleção de projetos e programas dentro da gestão da organização, como um processo contínuo, alinhado com a gestão operacional do negócio (Young & Conboy, 2013).

#### 2.1.7 Gestor de projetos

Ao longo dos anos, a necessidade de as organizações fazerem uso de projetos e programas para alcançar objetivos estratégicos tem crescido. Nos dias de hoje, uma parte considerável da economia global pertence aos projetos. Para tanto, como forma de suporte a essa necessidade de profissionais que possuam competências específicas para a gestão de projetos, organizações como IPMA e PMI, respectivamente criadas em 1965 e 1969, têm estabelecido práticas *standard* e sistemas de certificação (Bredillet, Tywoniak, & Dwivedula, 2015).

Essa crescente importância dos gestores de projetos (*Project Managers* – PjM) pode ser vista em vários setores da indústria, como tecnologia da informação, de consultoria e da construção civil. Como resultado, é possível ver a crescente realização de investigações para investigar as competências, os perfis e o impacto de gestores de projetos no decorrer de um projeto (Meng & Boyd, 2017).

Para os autores Bredin e Söderlund (2013), se quisermos crescer e avançar em tecnologia, devemos perceber a importância dos gestores de projetos. Para eles, face à importância do PjM, é necessária uma atitude que difere das funções clássicas de controlar, coordenar e comunicar. O autor Dziekoński (2017) diz que a gestão de uma equipa de um projeto é significativamente diferente de gerir um grupo de funcionários. Para ele, as atividades de um gestor de projeto tipicamente incluem gerir a motivação, o tempo, o custo, o âmbito e a qualidade, além das diversas outras atividades administrativas. As competências de um gestor de projetos podem ser descritas como: habilidade de possuir diferentes abordagens, além das clássicas funções; habilidade de finalizar tarefas dentro do tempo sem informação específica dos estágios anteriores do projeto; e a habilidade de arriscar. O gestor de projetos deve ter o poder na organização para delegar responsabilidades aos subordinados e a capacidade de resolução de problemas de alta complexidade. O gestor de projetos tem uma particularidade que se destaca

da carreira dos *experts* em gestão e gestores em geral. A carreira de gestor de projetos pode, sem sombra de dúvidas, ser um desafio que envolve um alto nível de mobilidade, no sentido em que propicia facilidade na ascensão dentro da organização, e de contínua pressão de *deadlines*.

De forma mais sucinta, o gestor de projetos é um profissional que conecta todos os participantes do projeto à fase de conclusão do projeto, que colabora com a alta gestão, que realiza a comunicação com os clientes, que formula e executa uma estratégia relacionada com a conclusão do plano e a estratégia de contingência, e ainda que recolhe e arquiva todo o conhecimento útil para organização (An, Qiang, Wen, Jiang, & Xia, 2019).

Em organizações baseadas em projetos, a eficiência dos gestores projetos é de grande importância. Eles têm que ser capazes de responder aos crescentes requisitos dos seus respectivos trabalhos. Devem ser simultaneamente um líder, um gestor, um facilitador e um mentor. O gestor de projetos deve ser capaz de trabalhar com diferentes tipos de pessoas e utilizar a diversidade como uma mais-valia. O sucesso dos gestores de projetos está baseado no encontro dos objetivos do projeto dentro dos termos definidos de tempo, de custo e de recursos; na conclusão do projeto dentro dos critérios especificados; e, entender e responder às mudanças que possam ocorrer no decorrer do projeto. Em muitos projetos, o principal fator de falha do projeto é a escolha do gestor de projetos errado (Liikamaa, 2015).

#### 2.1.8 *Project management office*

Nos últimos anos, uma impressionante quantidade de investigações, tanto no campo académico como prático, têm sido publicadas sobre *Project Management Offices* (PMO), com uma larga variação sobre os tópicos e abordagens, que vão desde a posição dentro da estrutura da organização até avaliação de performance e dos critérios de sucesso (Szalay, Kovács, & Sebestyén, 2017).

Ainda em consonância com os autores supracitados, numa organização o PMO é a parte formal de controlo entre a gestão de projetos e a alta gestão. PMO é a parte organizacional ou entidade a quem são atribuídas várias responsabilidades relacionadas com centralizar e coordenar a gestão dos projetos no seu domínio. As responsabilidades do PMO podem ir de fornecer um suporte à gestão de projetos até ser o responsável direto pela gestão dos projetos. O propósito principal do PMO é alinhar os projetos com as necessidades da organização, de forma a fazer convergir com as expectativas dos *stakeholders*.

Para Bredillet, Tywoniak e Tootoonchy (2018), conforme o número ou o âmbito dos projetos crescem, mais difícil se torna a gestão de recursos escassos. A gestão de portefólios de projetos,

como já mencionado, pode auxiliar a organização a obter uma visão holística dos projetos e uma perspectiva orientada a projetos. A complexidade de gerir portfólios de projetos e a necessidade de coordená-los com tomadas de decisão racionais acabam por resultar no estabelecimento de *Project Management Offices*. Para os autores, entende-se por PMO uma iniciativa de organização inovadora para assistir organizações baseadas em projetos a melhor gerirem e coordenarem os seus respetivos portfólios de projetos. Entretanto, a literatura confirma que os investigadores têm encontrado dificuldades para mensurar o real valor criado pelos PMOs. Eles possuem como principal objetivo coordenar sistematicamente as tarefas relacionadas com os projetos. Ainda em consonância com os autores supracitados, o estabelecimento do PMO na gestão de portfólios de projetos tem sido um desafio superado com eficiência. O principal objetivo do PMO é melhorar a eficiência na gestão de projetos. Estudos mostram que PMOs têm influência positivamente no sucesso da gestão de portfólios.

## **2.2 Conceitos gerais de escalonamento de projetos**

Habibi, Barzinpour e Sadjadi (2018) comentam o nível de importância que a gestão de projetos pode ter. No caso de países em desenvolvimento, a implementação de projetos possui um papel fundamental, dada a possibilidade de impacto na própria economia do país. Nesse caso, os projetos podem ser a força motriz do desenvolvimento e do crescimento económico do país, se possuírem uma gestão eficaz e precisa dos projetos, resultando numa implementação bem-sucedida desses projetos. Dessa forma, os autores frisam a importância do escalonamento das tarefas na gestão de projetos para redução dos custos e aumento nos lucros dos projetos. Esta tem sido uma difícil tarefa dada a sua complexidade, o que tem resultado no interesse de investigadores pela área, que consideram essa área como das fundamentais na gestão de projetos.

Atualmente grande parte das organizações e das indústrias que lidam com projetos lidam também com o problema do escalonamento de um conjunto de atividades ou de tarefas. Essas atividades são tipicamente executadas com um número de recursos limitados. Os recursos são uma parte importante dentro do planeamento dos projetos, uma vez que possuem um impacto direto, e considerável, nos custos do projeto (Van Den Eeckhout et al., 2018).

### **2.2.1 Escalonamento de projetos**

Segundo Habibi *et al.* (2018) uma das áreas chave para gestão de projetos é o escalonamento de projetos, visto que a gestão de projetos requer um alcance apropriado de um plano do cronograma das atividades sem causar efeito negativo em outras áreas do projeto. Coughlan,

Lübbecke e Schulz (2015) consideram o problema de escalonamento de projetos um dos mais complexos e motivantes, devido à sua aplicação prática.

Gagnon (2004) define escalonamento de projetos como o processo que se refere a alocação dos recursos ao longo do tempo, com a finalidade de desempenhar de forma ótima um conjunto de atividades, segundo um critério de desempenho. Brucker *et al.* (1999) descrevem diversas aplicações em indústrias de engenharia de construção e de desenvolvimento de *software*, por exemplo. Um outro contexto em que o escalonamento de projetos tem crescido é o de companhias que trabalham com sistemas de produção *make-to-order*, onde as capacidades devem ser reduzidas para ir ao encontro dos conceitos de *lean management*.

Ainda em consonância com Brucker *et al.* (1999), o interesse prático no escalonamento de projetos tem provocado cada vez mais interesse nos investigadores, devido à riqueza dos modelos e à dificuldade para serem resolvidos. Segundo Khalilzadeh *et al.* (2017) a aplicação de teorias no campo prático e extensas áreas de estudo indicam crescimento na área de escalonamento de projetos. Como exemplo, pode apontar-se o trabalho de Herroelen *et al.* (1999), que devido à grande variedade de problemas de escalonamento de projetos, descreve uma notação sistemática que serve de base para um esquema de classificação dessa classe de problemas.

A maioria dos métodos de escalonamento disponíveis nos dias de hoje na gestão de projetos, para classificar o escalonamento de projetos, concentram-se nas restrições de tempo ou nas restrições de recursos. No caso de ser restringido pelo tempo, o projeto deve ser finalizado até uma determinada data. Se for necessário, pode-se adicionar mais recursos para assegurar que o projeto seja concluído na data especificada. No caso de ser restringida pelos recursos, o projeto deve assumir um consumo de recursos que não pode exceder um determinado nível. No caso desse limite do consumo de recursos ser alcançado, é aceitável que haja um atraso no projeto, mas o menor possível (Larson & Gray, 2011).

Segundo Herroelen e Leus (2005) a maior parte da literatura sobre escalonamento de projetos recai sobre os tópicos das relações de precedências e escalonamento possível dos recursos que otimizem os objetivos do escalonamento, que na maior parte dos casos é sobre a duração do projeto, e é utilizado como linha de referência para execução do projeto.

O planeamento e o controlo de projetos com durações muito grandes é um problema de certa dificuldade e importância nas organizações. É possível citar algumas técnicas que procuram lidar com essa problemática, como o PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e o CPM (*Critical Path Method*), que tornam possível encontrar o cronograma do projeto de menor duração, contudo a restrição da capacidade dos recursos não é considerada. Todavia, na prática,

o consumo dos recursos afeta diretamente o planeamento do projeto, no que concerne às estimativas de tempo e de custo, impactando também no controlo do projeto e na concretização dos objetivos (Demeulemeester & Herroelen, 1996).

### 2.2.2 Método do caminho crítico

O *Critical Path Method* (CPM) começou a ser utilizado na gestão de projetos no final dos anos de 1950 e início dos anos de 1960. O método original considera um conjunto de relações de precedência entre as atividades, isto é, uma atividade sucessora pode ser iniciada após as atividades predecessoras serem concluídas. Essas relações podem ser representadas em diagrama de redes onde as atividades são relacionadas pelos arcos e representadas pelos nós (Activity-on-Arrow). O CPM identifica um conjunto de atividades críticas, associadas ao caminho mais longo no diagrama de rede, que une dois nós específicos, o de início e o de fim do projeto, fornecendo o tempo mínimo de execução do projeto. Qualquer atraso nas atividades críticas do projeto pode resultar num atraso na execução do projeto e por esse motivo são nomeadas de atividades críticas. O CPM é uma técnica que se enquadra em contextos em que a duração das atividades é determinística (Conde, 2009).

Para Lu e Lam (2008) o CPM envolve necessariamente a realização do *forward pass* e do *backward pass* para determinar a duração total do projeto e das informações dos possíveis inícios e fins de cada atividade, bem como das respetivas folgas existentes entre o término de uma atividade sucessora com a predecessora. No *forward pass* obtém-se o *Earliest Start Time* (EST) e o *Earliest Finish Time* (EFT) de cada atividade, em seguida é realizado o *backward pass* para obter o *Latest Start Time* (LST) e *Latest Finish Time* (LFT). Após essas informações serem calculadas, é possível encontrar o *Total Float* (TF), que representa a quantidade de tempo que cada atividade pode ser atrasada sem que prejudique o tempo de execução do projeto. O TF pode ser calculado como a diferença entre LST e EST ou a diferença entre LFT e EFT. As atividades que possuem TF igual a zero são consideradas críticas e formam o caminho crítico da rede de atividades do projeto.

Lu, Lam e Dai (2008) comentam que o método clássico do caminho crítico tem sido utilizado largamente nas indústrias. O CPM, em sua forma original, realiza um *forward pass* para alcançar o menor tempo de início e fim das atividades e a duração do projeto, sujeito a um conjunto de restrições de duração das atividades e relações de precedência. De seguida um *backward pass* conclui o CPM, identificando os tempos mais tarde de início e fim das atividades, a folga das atividades e as atividades críticas, fazendo com que essa técnica de

escalonamento seja interessante para os gestores de projetos manterem o controle do desempenho do projeto e a execução do projeto no tempo esperado.

Visto que para o CPM a duração das atividades é determinística e as relações de precedência também são conhecidas, é possível formular matematicamente os parâmetros de operação (*Earliest Starting Time* (EST), *Latest Starting Time* (LST), *Earliest Finish Time* (EFT), *Latest Finish Time* (LFT), quantidade máxima de tempo disponível e tempo de folga da rede de atividades do projeto (K. Kim & de la Garza, 2005).

Vanhoucke (2013) descreve essas formulações matemáticas de forma sistemática, o que facilita a compreensão dos passos necessários para realização do cálculo do CPM. O primeiro passo é o cálculo do *Earliest Start Schedule* (ESS), o início mais cedo,  $es_i$  de cada atividade  $i$ , pode ser calculado fazendo uso dos cálculos do *forward pass* da rede de atividades do projeto. O cômputo do início mais cedo da rede de atividades do projeto é seguido da atividade *dummy* de início, no início da rede de atividades como descrito na expressão (1). Para as atividades restantes, o início mais cedo é igual ou maior do que o término mais cedo de todas as atividades predecessoras, como pode ser visto na expressão (2). O fim mais cedo  $ef_i$  de cada atividade  $i$  pode ser definido como o início mais cedo acrescido da duração da atividade, como descrito na expressão (3).

$$es_1 = 0 \quad (1)$$

$$es_j = \max(es_i + d_i \mid i \in P_j) \quad (2)$$

$$ef_i = es_i + d_i \quad (3)$$

O segundo passo é o cálculo do *Latest Start Schedule* (LSS). O término mais tarde  $lf_i$  de cada atividade  $i$  pode ser calculado de forma equivalente ao primeiro passo, fazendo uso dos *backward pass*, iniciando do *deadline* do projeto  $\delta_n$ , com a atividade de *dummy* de fim do projeto, como descrito na expressão (4). O término mais tarde de uma atividade é igual ou menor do que o início mais tarde de todos os sucessores da atividade, como descrito na expressão (5). O início mais tarde  $ls_i$  da atividade  $i$  é definido como o início mais tarde decrescido da duração da atividade, como descrito na expressão (6).

$$lf_n = \delta_n \quad (4)$$

$$lf_i = \min(lf_j - d_j \mid j \in S_i) \quad (5)$$

$$ls_i = lf_i - d_i \quad (6)$$

Por fim, o terceiro passo é o cálculo da folga total da atividade (*Activity Slack/Float*). A quantidade de folga associada a cada atividade é utilizada para representar o tempo livre que cada atividade dentro do ESS e LSS, ou seja, é o tempo que cada atividade pode sofrer atrasos sem comprometer a duração total do projeto. A folga de cada atividade pode ser calculada como a diferença entre o início mais tarde e o início mais cedo da atividade ou pela diferença entre o término mais tarde e o término mais cedo da atividade, como descrito na expressão (7).

$$ls_i - es_i = lf_i - ef_i \quad (7)$$

Segundo Kim & Reinschmidt (2009) o CPM é baseado no nível estimado de tempos das atividades e pelas relações de precedência do projeto, contudo importa ressaltar que essas relações podem ocorrer de diversas formas, de forma *Finish-to-Start* (FS), *Start-to-Start* (SS), *Finish-to-Finish* (FF) e *Start-to-Finish* (SF). Dentro dessa rede de atividades, o caminho mais longo é conhecido como caminho crítico, onde o atraso dessas atividades representa um atraso na duração do projeto como um todo, portanto essas atividades devem receber mais atenção e maior prioridade no que concerne à alocação dos recursos.

Em Ballesteros-Pérez *et al.* (2018) comentam que o CPM consiste em identificar e fornecer uma atenção especial a uma sequência de atividades que não possuem folgas no escalonamento do projeto. Um aspecto positivo do CPM é que corresponde a um conceito simples de uma série de atividades críticas em que o gestor de projetos precisa ter maior atenção. Apesar do conceito ser simples, a visualização e identificação das atividades que pertencem ao caminho crítico pode não ser uma tarefa fácil, mesmo em rede de atividades não tão grandes. Segundo Calp e Akcayol (2018) o caminho crítico é o caminho da rede de atividades de um projeto que possui a maior duração, onde a sua identificação permite encontrar o tempo mínimo da duração do projeto. Eles também ressaltam a importância do caminho crítico, visto o impacto que o atraso dessas atividades pode causar.

Como já mencionado, o CPM é uma técnica que já é utilizada há algumas décadas. No decorrer desses anos, muitas investigações têm sido desenvolvidas fazendo uso desse método, o que fez expandir o conhecimento na área de escalonamento de projetos, dando suporte à origem de um novo conjunto de definições do problema e desenvolvimento de novos métodos que podem abordar o problema de escalonamento de projetos com uma maior aproximação da realidade, considerando mais variáveis do que apenas a duração e as relações de precedência das atividades. Importa ressaltar que para o escalonamento de projetos, a determinação e a gestão do caminho crítico da rede de atividades do projeto são muito importantes (Simons, 2017).



### 2.2.3 *Project scheduling problem*

O problema de escalonamento de projetos (*Project Scheduling Problem* - PSP) é um nome genérico para os problemas que procuram focar na otimização da duração do projeto, alocação dos recursos, estimativa dos custos e *cash flow*, por exemplo. Dependendo do objetivo do problema, o PSP procura gerar a sequência das atividades, segundo o critério de decisão apropriado para resolver o problema que está a ser considerado (Ortiz Pimiento & Diaz Serna, 2018).

Segundo Crawford *et al.*(2014) esse tipo de problemas consiste em organizar múltiplas atividades e atribuí-las a múltiplos recursos, podendo estes ser renováveis ou não, de modo a encontrar os objetivos definidos. Gonçalves, Mendes e Resende (2008) complementam que os problemas de escalonamento, também envolvem a alocação dos recursos do projeto às atividades, sendo a disponibilidade um fator determinante para os tempos de início e fim das atividades. Uma última perspectiva que é válido salientar, é a desenvolvida no trabalho Guldmond *et al.*(2008) onde é necessário encontrar os tempos de início das atividades.

Essa classe de problemas tem recebido uma significativa atenção e ganhou um papel vital na gestão dos recursos de projetos, visto que uma vez que os dados dos tempos de execução das atividades e as relações de precedência são definidos, possui como intento a otimização da função objetivo sujeita às restrições de precedência e de recurso. Essa classe de problemas é considerada como um dos problemas mais difíceis de tratar na investigação operacional e, portanto, tem sido uma área de estudo que tem provocado significativo interesse (Tavana, Abtahi, & Khalili-Damghani, 2014).

Como já mencionado, os problemas de escalonamento são, comumente, descritos como a alocação de recursos limitados a tarefas ao longo do tempo. Esses recursos e essas tarefas podem assumir formas diferentes no que concerne ao consumo e à execução. Por exemplo, a execução das atividades do projeto pode requerer o uso de diferentes recursos, como: dinheiro, pessoas e equipamentos. Dado o problema e a forma que será assumida pelos recursos e pela execução das atividades, a função objetivo pode procurar a minimização da duração, a minimização dos custos ou a otimização do desempenho das datas de entrega, por exemplo (Herroelen, De Reyck, & Demeulemeester, 1998).

Dada a importância que os problemas de escalonamento têm recebido na gestão de projetos, observa-se que alguns métodos clássicos de escalonamento não suportam as questões das restrições de recursos, o que tem resultado no reconhecimento de que os métodos para as

problemáticas atuais precisam incorporar as restrições de recursos no desenvolvimento do escalonamento do projeto (Tian & Yuan, 2018).

Em Herroelen *et al.* (1999) descreve-se uma distinção dos tipos de recursos existentes na literatura, que podem ser: renováveis, não renováveis e duplamente restritos. Os recursos renováveis são os que estão disponíveis por período, ou seja, são renovados em cada período. Como exemplo têm-se: pessoas para exercer uma atividade, máquinas, ferramentas e equipamentos. Os recursos não renováveis, em contraste com os primeiros, estão disponíveis para o projeto como um todo, ou seja, não são renovados entre os períodos. Como exemplo pode ser citado: dinheiro, matéria-prima e energia. Por fim, os duplamente restritos são os recursos que possuem uma restrição de período a período como também no projeto como um todo, por exemplo: taxa de poluição e *cash flow*.

Os autores Kolisch, Schwindt e Sprecher (1999) descrevem essa classe de problemas e resumiam os problemas de PSP em dois tipos. Para eles os problemas de PSP podem ser entendidos como um conjunto  $\Theta = \{0, 1, \dots, j, j+1\}$  de atividades que têm que ser processadas e cada atividade possui um tempo de início dado pelo vetor  $T = (t_0, \dots, t_{n+1})$ , onde as atividades são designadas a esses inícios possíveis pela variável binária  $x_{j,t}$ , que assume o valor 1 no caso da atividade  $j$  iniciar no tempo  $t$ . As atividades 0 e  $j+1$  são consideradas *dummy*, pois representam o início do projeto e o fim do projeto, respectivamente. Os recursos podem ser renováveis ou não renováveis e não é permitido preempção na execução das atividades. De uma forma geral os problemas de PSP podem ser distinguidos em problemas de restrição de tempo e de restrição de recursos. Os problemas de restrição de tempo possuem como objetivo minimizar  $t_{n+1}$ . Existem as classes de problemas conhecidas como *Resource-Constrained Project Scheduling Problem* (RCPSP) e *Multi-mode Resource-Constrained Project Scheduling Problem* (MRCPSPP), que possuem as suas respectivas variações de minimização ou maximização do *time lag*. O objetivo dos problemas de RCPSP é encontrar o tempo de início das atividades minimizando o tempo de conclusão do projeto, considerando a duração das atividades, a quantidade de recursos necessária para executar uma atividade e a quantidade de recursos disponível em cada período (Habibi, Barzinpour, et al., 2018). O objetivo dos problemas de MRCPSPP/Max é escalonar um número de atividades, sujeito a um tempo mínimo ou máximo de atraso entre os tempos de início das atividades que requerem uma determinada quantidade de recursos para serem executadas (Barrios, Ballestín, & Valls, 2011). Os problemas de PSP que procuram a realização de um projeto entre a data de início e o *deadline* do projeto tratam-se como problemas de *Resource Levelling Problem* (RLP), que procura minimizar a flutuação do uso dos recursos respeitando o *deadline* do projeto e as relações de precedências

das atividades, que pode ser alcançada através do deslocamento das atividades não críticas dentro do tempo de folga que possuem (Qiao & Li, 2018).

Para a presente dissertação, importa destacar a classe de problemas que procura o escalonamento das atividades considerando a capacidade dos recursos. Este problema será melhor descrito na próxima secção.

#### 2.2.4 *Resource-constrained project scheduling problem*

Como já mencionado, para uma gestão de projetos mais próxima a um cenário real é preciso considerar a disponibilidade dos recursos para execução do projeto. Dessa forma, nas últimas décadas, a literatura tem ganho significativas contribuições no que concerne aos problemas de escalonamento de projetos com restrição de recursos, também conhecidos como *Resource-Constrained Project Scheduling Problems* (RCPSP) (Rostami et al., 2018).

Os problemas de RCPSP surgem num contexto de aproximar o cenário real com os métodos de escalonamento de projetos, pois nessa classe é possível representar os problemas com restrições de recursos de forma mais autêntica (Tian & Yuan, 2018). O RCPSP é uma extensão do clássico PSP em que um conjunto de atividades precisam ser escalonadas, sujeitas às restrições de precedência e de recurso. Na maior parte das vezes, o objetivo é gerar um cronograma de atividades com a menor duração. O RCPSP tem inúmeras aplicações práticas, como em sistemas de manufatura, indústria da construção e outras. Com o passar dos anos, o número de abordagens para encontrar a solução dos problemas de RCPSP tem crescido (Chand, Singh, & Ray, 2019).

Os autores Koné *et al.* (2013) acrescentam que essa classe de problemas é uma das mais conhecidas dos problemas de escalonamento, dado o interesse prático desse tipo de problema e o nível de dificuldade para a sua resolução. De acordo com Chen *et al.* (2018), desde que o RCPSP fora classificado como um problema NP-*Hard*, um vasto número de abordagens exatas e heurísticas têm sido desenvolvidas nas últimas décadas.

Ainda em concordância com os autores supracitados, o RCPSP envolve a determinação do escalonamento das atividades do projeto, satisfazendo as condições de precedência e de consumo dos recursos. Segundo Tritzler, Naber e Kolisch (2017) o RCPSP pode ser definido como escalonar um conjunto de atividades com o objetivo de minimizar o tempo de término do projeto (*makespan*) considerando as restrições de capacidade dos recursos, com relações de precedência *finish-to-start* e atraso entre as atividades. No RCPSP, a duração das atividades e o consumo dos recursos para execução dessas atividades são fixos. Conforme as atividades são

executadas e os recursos são alocados, é construído o perfil de alocação de recursos do projeto. Para Kolisch e Hartmann (2006) o RCPSP pode ser descrito como um único projeto que consiste num número de atividades onde cada atividade tem de ser processada para a conclusão do projeto. As atividades são interrelacionadas de duas formas. A primeira, restrições de precedência, que forçam que uma determinada atividade seja iniciada somente depois de todas as suas predecessoras terem sido concluídas. Segunda, a execução das atividades requer uma quantidade de recursos limitados que possuem uma determinada capacidade.

Entende-se que o RCPSP pode ser entendido como um número ( $n$ ) de atividades a serem escalonadas, com um número de recursos ( $m$ ). Então o projeto é definido como um conjunto de  $n+2$  atividades, onde a atividade 0 e  $n+1$  são atividades *dummy*, que são as atividades de início e fim do projeto, respetivamente. O conjunto de atividades reais é representado por  $A = \{1, \dots, n\}$ , que devem ser escalonadas de acordo com os recursos que estão disponíveis, que pertencem a  $R = \{1, \dots, m\}$ . As relações de precedência são dadas por um conjunto  $P$  de pares com índice  $(m, n) \in P$ , o que significa que a atividade  $m$  é predecessora de  $n$ . Os tempos de processamento ou as durações das atividades são representadas pelo vetor  $d$  que pertencem a  $\mathbb{N}^{n+2}$ , onde o  $j$ -ésimo termo,  $d_j$ , é a duração da atividade. Cada atividade  $j$  precisa de uma quantidade  $r_{j,k}$  de recurso  $k$  para ser processada. Cada recurso  $k$  possui uma capacidade de  $R_k$ . E a variável de decisão é  $x_{j,t}$ , indicando que a atividade  $j$  inicia no período  $t$ , onde  $x_{0,0}$  é igual a 1. A variável  $Z$  é conhecida como *makespan* do problema (Artigues et al., 2013). O conjunto de atividades que pertencem ao caminho crítico da rede de atividades é representado por  $CP = \{cp_1, \dots, cp_n\}$ . Posto isso, a formulação matemática do RCPSP pode ser representada como descrito na página seguinte.

$$\text{Minimizar } Z \quad (8)$$

$$\sum_{t=e_j}^{l_j} x_{j,t} = 1, \quad j = 0, 1, \dots, n+1 \quad (9)$$

$$\sum_{t=e_m}^{l_m} t * x_{m,t} + d_m \leq \sum_{t=e_n}^{l_n} t * x_{n,t}, \quad \forall (m, n) \in P \quad (10)$$

$$\sum_{j \in J_t} \sum_{q \in S_j} r_{j,k} * x_{j,q} \leq R_{k,t}, \quad k = 1, 2, \dots, K; t = 1, 2, \dots, T \quad (11)$$

$$\sum_{t=e_j}^{l_j} t * x_{j,t} + d_j \leq Z, \quad \text{para todos os } j \text{ sem sucessores} \quad (12)$$

$$\sum_{n \in CP} d_n \leq Z \leq \sum_{j=0}^{n+1} d_j, \quad j = 0, 1, \dots, n+1; n = cp_1, \dots, cp_n \quad (13)$$

A função objetivo (8) representa o menor tempo em que o projeto pode ser concluído. As restrições (9) impõem que cada atividade só pode ser iniciada uma única vez. As restrições (10) asseguram que as relações de precedência existentes na rede de atividades serão respeitadas. As restrições (11) garantem que em cada instante de tempo  $t$  o consumo dos recursos da atividade  $j$  do recurso  $k$  não será maior do que a capacidade  $R_{k,t}$  suportada. As restrições (12) garantem que término do projeto  $Z$  ocorrerá após a conclusão das atividades fim do projeto, ou seja, as últimas atividades do projeto. A restrição (13) garante que o menor tempo de execução do projeto é maior do que a duração do caminho crítico do projeto e menor do que a soma de todas atividades do projeto.

Muitas abordagens têm sido desenvolvidas para resolução do RCPSP de forma ótima, como por exemplo procedimentos com uso de *branch-and-bound*. Contudo, nenhuma delas tem sido capaz de resolver esses problemas num tempo computacional razoável. -Assim, outras técnicas foram desenvolvidas para resolver o RCPSP. No geral essas técnicas podem ser separadas em dois grupos: heurísticas baseadas em regras de prioridade e heurísticas baseadas em *neighbourhood search* (Kadri & Boctor, 2018). Tseng e Chen (2006) acrescentam que em problemas de instâncias de até 60 atividades e com restrições não tão fortes de recursos, as

soluções ótimas são mais facilmente encontradas, no entanto para instâncias maiores e com restrições de recurso mais fortes, é melhor recomendado o uso de métodos heurísticos.

Borak e Kar (2010) acrescenta ainda que métodos heurísticos e metaheurísticos têm sido amplamente utilizados para resolução de problemas em contextos reais, problemas esses que, geralmente, pertencem a classe de problemas NP-*Hard*, como os problemas de RCPSP. De forma sucinta, pode-se dizer que as heurísticas são técnicas, que consistem numa regra ou num conjunto de regras, que procuram, e esperam encontrar, boas soluções a um custo computacional razoável. As metaheurísticas são estratégias de *top-level* que guiam uma heurística subjacente na solução de um determinado problema.

Ainda em concordância com Borak e Kar (2010), nos últimos anos muita atenção tem sido dada à integração, ou hibridização (*hybridization*), de metaheurísticas com modelos exatos. As *mateurísticas* (*matheuristics*) são algoritmos heurísticos construídos para operar intercaladamente com metaheurísticas e técnicas de programação matemática (Boschetti, Maniezzo, Roffilli, & Bolufé Röhrler, 2009).

Das abordagens referidas a problemas como o RCPSP, que possui certa complexidade, para o presente trabalho importa ressaltar a *mateurística* *Fix-and-Optimize Variable Neighborhood Search* (VNS). Para Toschi *et al.* (2018) a ideia básica é refinar a solução de modo iterativo, explorando a cada iteração uma vizinhança da solução atual para procurar uma melhor. Em Maniezzo e Stutzle (2016), o *Fix-and-Optimize* VNS é utilizado, inicialmente com uma solução viável que considera as restrições fortes do problema, em seguida são introduzidas alterações em algumas variáveis do modelo matemático do problema e, por fim, chama-se o *solver* para otimizar o problema.

### 3. METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO

Uma investigação é um processo realizado de forma sistemática, executada de acordo com um planeamento previamente definido, que procura entender e encontrar respostas para perguntas de investigação específicas. Essa forma sistemática implica que a investigação está baseada em relações lógicas, não em crenças pessoais, e que essas relações podem ser descritas de forma compreensível, o que torna a investigação realizada credível (Ghauri & Gronhaug, 2005).

Para a realização de uma investigação importa entender dois conceitos importantes, a distinção entre métodos e metodologia. Os autores Saunders *et al.* (2016) descrevem que os métodos se referem às técnicas e aos procedimentos utilizados para obtenção e análise dos dados, que podem ser quantitativos e/ou qualitativos. A metodologia descreve a forma como a investigação é realizada, ou seja, a estratégia adotada, que delimita a forma como a investigação é realizada. Os métodos e metodologias que foram utilizados no presente trabalho, e como interagiram no decorrer da investigação, estão ilustrados na Figura 7, que fornece um panorama do *design* da investigação.

No presente trabalho foi utilizada a *Research Onion* (Saunders et al., 2016), para distinguir as diferentes dimensões metodológicas, e a metodologia *Design Science Research* (DSR) (Barafort, Shrestha, Cortina, & Renault, 2018), vulgarmente utilizada no desenvolvimento de artefactos computacionais, que foi adotada no contexto específico do desenvolvimento da solução para o estudo de caso presente. Desta forma, o presente capítulo procura apresentar os métodos para análise e recolha dos dados, de acordo com a estrutura (*framework*) *Onion Research* e, em seguida, apresentar a metodologia DSR, bem como a sua aplicação na investigação desenvolvida.

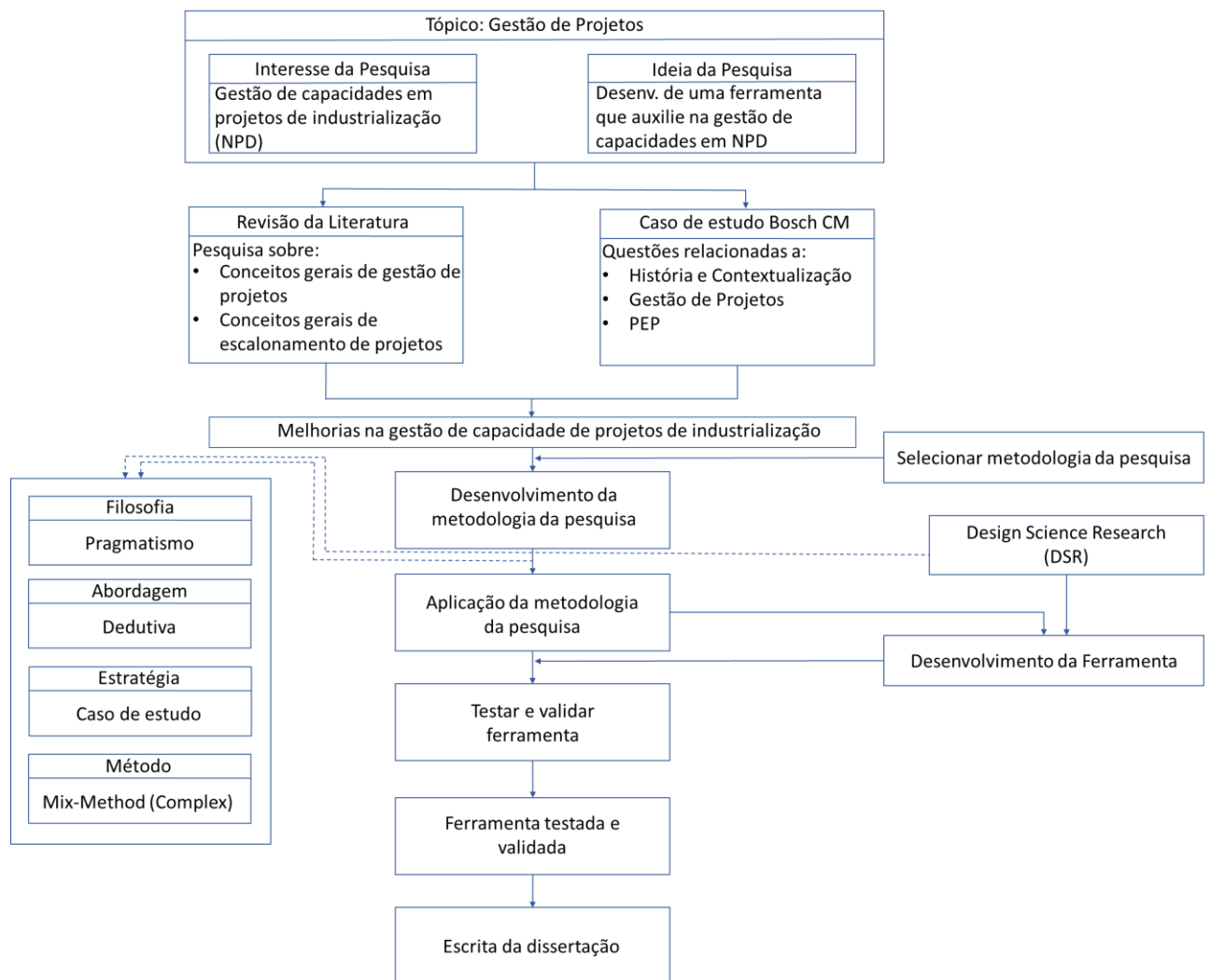


Figura 7 - Overview do design da pesquisa

### 3.1 Metodologia genérica

A perspetiva *Research Onion* (Saunders et al., 2016) procura fornecer uma descrição crescente das camadas principais ou estágios, com o objetivo de formular uma estratégia eficiente na abordagem ao problema (Melnikovas, 2018), como pode ser visto na Figura 8. Zolfagharian *et al.* (2019) também estruturaram a gestão da investigação em camadas. As camadas da *Research Onion* são: filosofia, abordagem ao desenvolvimento da teoria, escolha metodológica, estratégias, horizonte temporal e técnicas e procedimentos. No presente trabalho estes elementos serão a seguir descritos e contextualizados.



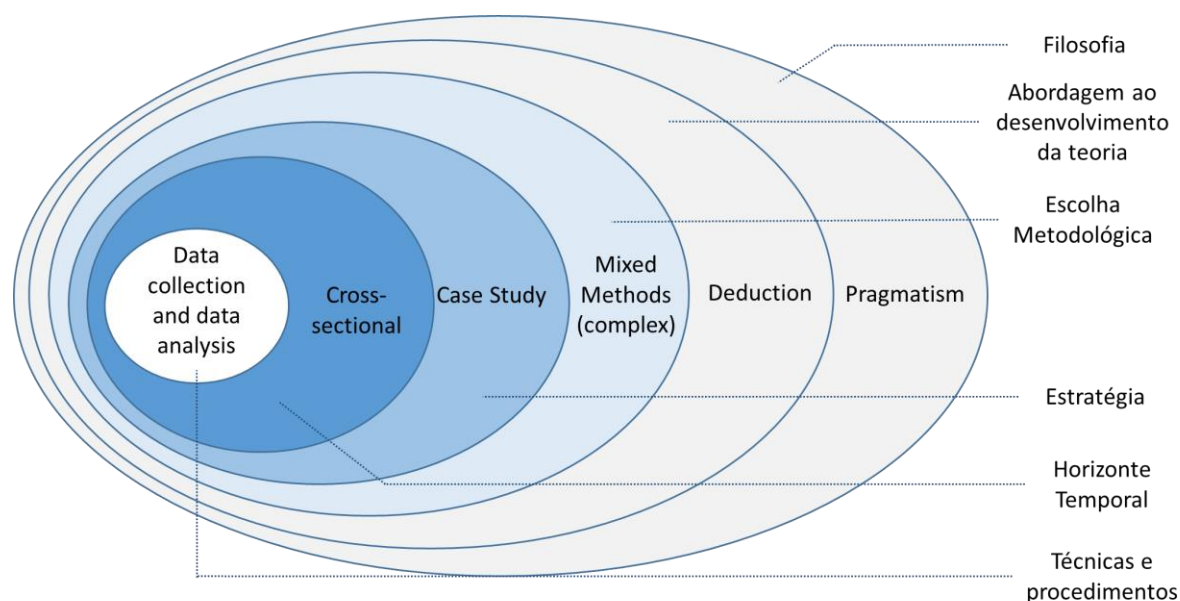


Figura 8 - Estrutura da metodologia Onion Research na presente dissertação  
(Saunders et al., 2016)

Para Bilau (2018) a **filosofia da investigação** ajuda a determinar o método apropriado para a condução da investigação, sendo a investigação baseada num ponto de vista filosófico. A filosofia da investigação ajuda a identificar uma posição referente ao *design* da investigação, métodos alternativos e adequados para conduzir o estudo. Pode-se destacar quatro tipos de paradigmas: positivismo (*positivism*), realismo (*critical realist*), interpretativismo (*interpretivism*), pragmatismo (*pragmatism*) e pós-modernismo (*post-modernism*). O positivismo está relacionado com a posição filosófica do cientista natural e o resultado do trabalho da observação de uma realidade social que procura produzir generalizações daquela realidade observada. O positivismo procura desenvolver uma hipótese ou fazer uso de uma existente, onde essa hipótese será testada e confirmada ou refutada. O realismo crítico possui um foco em explicar o contexto observado de forma a destacar as estruturas que moldam o contexto observado. O interpretativismo enfatiza que os seres humanos são diferentes de fenómenos físicos, porque eles criam significados e, portanto, procura estudar esses significados. O pós-modernismo enfatiza toda a linguagem e o poder das relações, procurando questionar as formas usuais de pensar e dar voz a pontos de vista alternativos. Pragmatismo afirma que os conceitos são relevantes apenas quando dão suporte a uma ação, a realidade é uma questão muito importante para o pragmatismo, bem como o efeito prático das ideias, e o conhecimento é valorizado por permitir que as ações sejam realizadas com sucesso. No presente trabalho, adotou-se o pragmatismo (*pragmatism*), visto que neste paradigma o ponto mais importante é a própria pergunta de investigação e procura conectar o campo prático com o campo teórico.

Quanto à **abordagem da investigação**, destaca-se a abordagem dedutiva (*deduction*), indutiva (*induction*), e abdutiva (*abduction*). A abordagem dedutiva, procura acrescentar ou contestar uma teoria existente, a partir de novas hipóteses que serão testadas e validadas. E, a abordagem indutiva com base nos dados coletados procura formular uma teoria desenvolvida a partir da análise dos dados (Kuosa, 2011). Visto que o presente trabalho surge com a finalidade de acrescentar melhorias em um trabalho já desenvolvido, o presente estudo possui uma abordagem caracterizada como dedutiva.

Quanto à **escolha metodológica** (*methodological choice*) para análise e recolha dos dados, ela pode ser feita, por exemplo, com um único método e uma análise de dados correspondente à respetiva técnica, o que é designado por *mono method*. A classe de escolhas metodológicas *mono method* tanto pode ser utilizada em estudos quantitativos, como em estudos qualitativos. Também poderia ser possível usar mais de um método para recolha e análise dos dados (*multiple methods*). Essa classe de escolhas metodológicas pode ser desdobrada em *multi-method* e *mixed method*. Recorre-se a métodos múltiplos quando se escolhe usar mais do que um método da mesma natureza, só métodos qualitativos ou só métodos quantitativos. Recorre-se a métodos mistos quando se escolhe usar métodos qualitativos e métodos quantitativos na mesma investigação. A categorização métodos mistos pode ainda desdobrar-se em simples e complexa (Saunders et al., 2016). Para melhor clarificar os desdobramentos de cada classe e subclasse, as escolhas metodológicas ilustram-se na Figura 9. Esta dissertação fez uso de métodos tanto qualitativos como quantitativos para a recolha e análise de dados, como: recolha e análise documental, observação, reuniões informais e grupos de foco. Estas serão melhor descritas nas secções 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3 e 3.3.4. Deste modo, no presente estudo fez-se uso de métodos múltiplos que combinam técnicas qualitativas e quantitativas de recolha de dados, e análises correspondentes com algum grau de complexidade, pelo que apresenta uma escolha metodológica classificada como métodos mistos complexos (*mixed methods complex*).

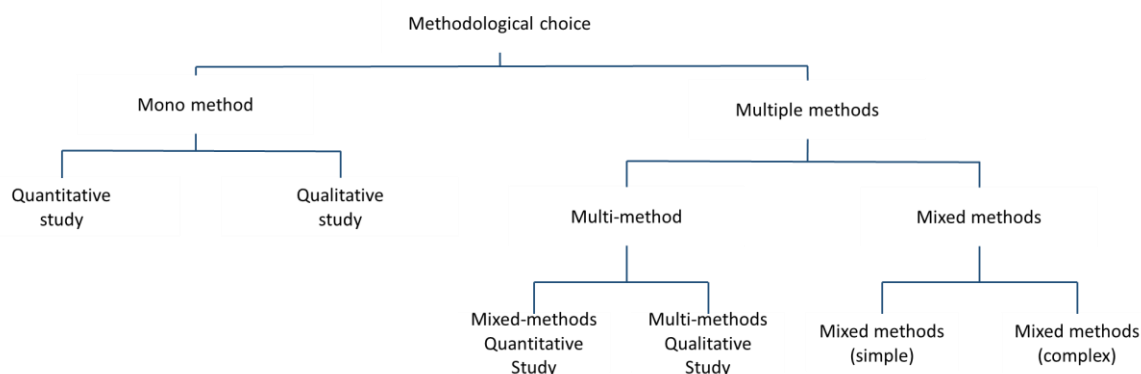


Figura 9 - Methodological choice  
(Saunders et al., 2016, p.167)

No que concerne a **estratégia da investigação**, a escolha de uma estratégia de investigação pode ser utilizada para explorar, descrever ou explicar o objeto de estudo. Uma das possíveis estratégias de investigação é o estudo de caso, que envolve uma investigação empírica de um fenómeno em particular dentro de um contexto real com múltiplos recursos em evidência. Esse tipo de abordagem procura gerar respostas para perguntas do tipo de “porquê?”, “o que?” ou “como?” (Saunders et al., 2016). Portanto, considera-se o presente trabalho como estudo de caso, visto que é desenvolvido num contexto empresarial, na unidade Car Multimedia da empresa Bosch, a fim de conseguir perceber que melhorias poderiam acrescer na gestão de capacidades de Gestores de Projeto no contexto da empresa em questão.

Quanto ao **horizonte de tempo** da investigação, poderá depender do intuito da investigação. Entende-se por horizontes de tempo como horizontes cronológicos que podem variar de acordo com a profundidade da investigação (Kosow & Gaßner, 2008). As duas categorias que são possíveis destacar são: *cross-sectional* e longitudinal. Se a investigação for uma fotografia de um instante de tempo em particular, ou seja, um estudo desenvolvido sobre um fenómeno em um dado momento no tempo, pode ser classificada como *cross-sectional*. Em caso de a investigação procurar estudar as mudanças e o desenvolvimento que ocorre num determinado contexto, que poderá fornecer uma medida de controlo sobre as variáveis que estão a ser estudadas, então pode ser classificada como longitudinal. Visto que a presente dissertação foi aplicada ao contexto dos projetos de industrialização da Bosch, sem procurar identificar como a gestão desses projetos evoluiu ao longo do tempo, tendo o foco em entender a gestão desse projetos no contexto atual, a presente dissertação pode ser classificada como *cross-sectional*.

### 3.2 Design science research

A presente dissertação também se pode enquadrar na metodologia *Design Science Research* (DSR). Face ao contexto do trabalho desenvolvido, foi necessário desenvolver uma ferramenta que visa auxiliar na gestão de capacidades, no contexto de projetos de industrialização, seguindo esta metodologia. Dessa forma, será feita uma sucinta contextualização da metodologia e, de seguida, apresentadas as diretrizes contextualizadas no presente estudo.

A metodologia DSR possui o foco em desenvolver um novo artefacto. Por artefacto, pode-se entender como uma solução prática em contribuição do conhecimento já existente. Como resultado, os artefactos com uma utilidade superior podem ser reinventados em um ciclo iterativo (Barafort et al., 2018). A metodologia DSR é considerada uma abordagem apropriada para desenvolvimento e teste de um novo artefacto. Enquanto a parte do *design science* se foca

nos atributos e nas funcionalidades que são importantes para o artefacto, a *research* tenta evidenciar o que foi construído, sendo analisado rigorosamente.

Os autores Hevner, March, Park e Ram (2004) descrevem as diretrizes que compõem o DSR. Para eles o DSR requer a criação e a inovação de um artefacto que tenha um propósito (diretriz 1) de resolver um problema de um determinado contexto (diretriz 2). Visto que o artefacto possui um propósito, deve prover uma utilidade, uma solução, para um problema específico. Para tanto, é crucial uma avaliação detalhada do artefacto (diretriz 3). Também é de grande importância a inovação existente no novo artefacto (diretriz 4), ou seja, precisa ter a finalidade de resolver um problema ainda não resolvido ou resolver um problema já conhecido de uma maneira mais eficiente. O artefacto precisa ser rigorosamente definido, possuir uma representação formal, ser coerente e internamente consistente (diretriz 5). Em alguns casos, o processo de criação de um artefacto pode resultar num problema intratável ou requerer um esforço além do disponível para alcançar os resultados esperados, assim sendo, é preciso desenvolver um meio eficiente de encontrar a solução (diretriz 6). Por fim, os resultados do DSR devem ser comunicados de forma eficiente, para que outros possam implementar ou desenvolver melhorias no trabalho desenvolvido (diretriz 7).

No presente trabalho é possível destacar a presença de cada diretriz, de forma que essa metodologia foi um meio que facilitou o desenvolvimento do presente estudo. No que concerne à primeira e à segunda diretriz, como já mencionado, o propósito foi o de desenvolver uma ferramenta que auxilie a gestão de capacidades em contexto de projetos de industrialização. Referente à terceira diretriz, após a ferramenta ser desenvolvida, foi testada em diferentes portfólios de projetos e nos possíveis contextos de projetos para validação da ferramenta. Relativamente à quarta diretriz, visto que o presente estudo toma como ponto de partida um estudo já desenvolvido, mas baseado em técnicas heurísticas para encontrar uma solução viável, enquanto agora, a procura é de uma solução ótima para o *makespan* do projeto, portanto aprimora a solução fornecida, bem como fornece outros *outputs* que tornam o processo de tomada de decisão menos árduo. Referente à quinta diretriz, o artefacto foi desenvolvido fazendo uso de um clássico modelo matemático de RCPS, descrito em secções posteriores. No que concerne a sexta diretriz, visto que a ferramenta foi desenvolvida no *software* VBA sob o Microsoft Excel, que possui certas limitações referente ao tempo para construção dos cronogramas, em vez de se obter uma solução completa para todo o problema, foi utilizada uma abordagem para moldar a otimização do problema orientada ao sistema de *quality-gates* adotado pela empresa, que permite encontrar as soluções ótimas parciais num menor tempo computacional. Por fim, referente a sétima diretriz, a comunicação do trabalho desenvolvido

pode-se encontrar na presente dissertação, com as informações necessárias para que se possam desenvolver trabalhos futuros, além de ter sido desenvolvido um manual de utilização da ferramenta.

### 3.3 Métodos para recolha e análise de dados

Como referido anteriormente, no presente trabalho utilizaram-se métodos mistos complexos, sendo eles: recolha e análise documental, observação, reuniões informais e grupos de foco. A Tabela 1 faz uma descrição dos métodos de investigação que foram utilizados no presente trabalho. Estes serão descritos nas próximas secções, bem como a contribuição que a aplicação desses métodos teve no presente trabalho.

Tabela 1 - Síntese dos métodos utilizados

Objetivos da Investigação	Métodos de Investigação
<b>Objetivo 01:</b> Análise da ferramenta anteriormente implementada e sugestão de possíveis melhorias;	Recolha e análise documental;
<b>Objetivo 02:</b> Desenvolvimento das melhorias propostas;	Recolha e análise documental; Observação;
<b>Objetivo 03:</b> Implementação e pré-validação da solução encontrada;	Entrevistas;
<b>Objetivo 04:</b> Validação da ferramenta por meio de replicações em diferentes portefólios de projetos e ajuste final;	Grupos de foco;
<b>Objetivo 05:</b> Utilização dos resultados obtidos no contexto de gestão de projetos da Bosch.	Grupos de foco.

#### 3.3.1 Recolha e análise documental

A recolha e análise documental é o tipo de recurso secundário, por vezes utilizado como um método primário de recolha de dados. A recolha da análise documental pode auxiliar o investigador a perceber o contexto do objeto de estudo (Fisher, 2010). Esta categoria pode ser dividida em duas subcategorias: os documentos escritos e os documentos não escritos. Por documentos escritos é possível citar notícias, relatórios, transcrições de reuniões, livros, *newsletters*, etc. Por documentos não escritos pode-se dizer qualquer material de origem não escrita, como: gravações de áudio, vídeos e imagens.

Para o presente estudo destaca-se principalmente o material de dois livros institucionais desenvolvidos para a integração de novos colaboradores na gestão de projetos de

industrialização e uma dissertação desenvolvida na empresa no mesmo contexto do presente trabalho.

O primeiro livro é o *Workbook – Guiding You Through Industrialization Projects Management*, que em suma é um guia para ajudar a integração de novos gestores de projetos na unidade Bosch Braga. Esse manual possui a intenção da delimitação das principais atividades realizadas pelo departamento de MFE (*Manufacturing Engineering*) e padronização das práticas de industrialização da Bosch Braga. É de ressaltar que neste *workbook* há a descrição do PEP (*Product Engineering Process*) o que auxiliou na percepção do processo de criação de novos produtos na organização.

O segundo livro é o MIPBoK – *Guide for Project Management in Industrialization Projects*, que possui como propósito, também, apresentar aos novos gestores de projetos a metodologia que integra as atividades do gestor de projetos do Bosch *Project LifeCycle Model* (BPLM) e do sistema *stage-gate* no desenvolvimento do ciclo de vida do projeto, também conhecido como PEP. Esse livro possui como base as melhores práticas de gestão de projetos do PMI (*Project Management Institute*), já customizadas para a realidade dos projetos de industrialização na Bosch Braga.

A dissertação intitulada como “Gestão de capacidades em projetos de industrialização: caso de estudo na indústria do automóvel” (Pereira, 2018) foi outro documento de suma importância para o presente estudo. Essa dissertação teve como principal contributo uma ferramenta que procura auxiliar na gestão de capacidades dos gestores de portefólio de projetos. A análise desse documento permitiu que a presente investigação desse continuidade a esse trabalho e, como consequência, é o ponto de partida do presente estudo que vai tentar colmatar lacunas encontradas no referido trabalho.

Assim, os dois livros e a dissertação foram essenciais para clarificação do objeto de estudo e para desenvolvimento da modelação do problema e estrutura da ferramenta. Adicionalmente a leitura desses documentos acelerou a integração no contexto de projetos de industrialização, o que resultou num melhor aproveitamento do tempo na etapa das entrevistas, em particular diminuindo o tempo de contacto com os participantes, permitindo ao investigador avançar para uma maior especificidade de informação, extraindo de cada participante as informações que cada um deles melhor dominava.

### 3.3.2 Observação

A observação, como método de recolha de dados em investigação, corresponde a visualizar e registar sistematicamente os comportamentos dos observados; na sua essência, para além de

observar será necessário guardar as informações observadas de modo a permitir a realização de uma descrição e interpretação do objeto observado. A observação pode ser feita de duas formas. A primeira é a observação participativa, que implica uma imersão do investigador no contexto em que se aplica a investigação, com o objetivo de partilhar o convívio com as pessoas que trabalham naquele contexto na tentativa de perceber as relações e interações pertinentes naquele ambiente, para além de entender as atividades executadas. A segunda é a observação estruturada, em contraste com a primeira procura perceber a frequência de ações, ocorre de forma sistemática e segue uma estrutura bem definida; requer uma postura mais específica do investigador e visa quantificar o comportamento observado.

No decorrer da presente dissertação o investigador desenvolveu observação participativa, já que desenvolveu o presente trabalho num contexto de estágio curricular na empresa em questão. A observação permitiu o levantamento de questões que seriam pertinentes da gestão da capacidade dos projetos, assim como também os critérios relevantes para a tomada de decisão no decorrer do processo dessa gestão. Deste modo contribuiu para tornar possível a modelação da atribuição do gestor de projeto a cada novo projeto, que era anteriormente baseada em conhecimento empírico.

### 3.3.3 Entrevistas

As entrevistas são diálogos intencionais entre duas ou mais pessoas. O uso de entrevistas pode ajudar no ganho de informações relevantes e confiáveis para a pergunta de investigação e os objetivos. Existem vários tipos de entrevistas: estruturadas, semiestruturadas e não estruturadas. As estruturadas fazem uso de questionários baseados num conjunto de perguntas predeterminadas e padronizadas ou idênticas e podem ser referidas como questionário administrado por entrevistas. As semiestruturadas baseiam-se numa lista de temas e questões a serem discutidos, contudo pode variar de entrevista para entrevista, ou seja, em algumas entrevistas podem ser omitidas algumas questões, como também a sequência das perguntas pode variar consonante o fluxo da conversa, ou até mesmo novas perguntas podem ser formuladas conforme novas informações sobre o objeto de estudo possam surgir. As entrevistas não estruturadas (ou *in-depth interviews*), que são utilizadas quando o investigador visa explorar e aprofundar uma área na qual possui interesse, não se baseiam numa lista de perguntas pré-definida e, portanto, requerem uma ideia clara sobre quais os aspetos que se deseja aprofundar sobre o objeto de estudo. Esse tipo de entrevista concede a oportunidade de discutir de forma livre sobre eventos, percepções ou relação com o objeto de estudo (Saunders et al., 2016).

No decorrer do presente estudo, com o intento de perceber as interações que ocorriam no ambiente no qual o objeto de estudo está inserido, além da necessidade do investigador aprofundar os seus conhecimentos na área do objeto de estudo, fez-se uso de entrevistas não estruturadas com *experts* ou especialistas, como gestores de projetos e gestores de portfólios, para que fosse possível entender a percepção de como ocorre todo o processo de gestão dos projetos na sua forma singular e como essa gestão é feita de forma conjunta, com outros projetos. Além das interações entre os processos que constituem a gestão de um projeto, como entre os projetos, foi importante ouvir de forma aberta esses especialistas para compreensão do próprio processo de gestão de projetos de industrialização, como por exemplo a estrutura organizacional e a distribuição dos atores e objetos envolvidos no contexto da investigação. Essas entrevistas possibilitaram a identificação de quais os *outputs* dos cálculos a realizar seriam mais relevantes para o processo de gestão de capacidades.

#### 3.3.4 Grupos de foco

Por vezes os grupos de foco podem ser vistos como grupos de discussão. Esse método é utilizado para compreender a opinião, motivação, atitudes de um certo objeto social ou evento específico (Winke, 2017). Velema, Vyth e Steenhuis (2019) acrescentam que ao contrário da entrevista individual, a interação entre os participantes também é considerada. Os grupos de foco também podem fornecer um entendimento mais profundo sobre o que move e motiva o grupo alvo e como influenciar o comportamento esperado.

Morgan (1984) descreve três tipos de grupos de foco, são eles: exploratório, clínico e fenomenológico. Os grupos de foco exploratórios servem em primeiro lugar como um meio de gerar hipóteses. Os grupos clínicos permitem uma compreensão mais profunda sobre os participantes. E, os grupos fenomenológicos fornecem ao investigador acesso a compreensão e explicação do senso comum.

No presente trabalho aplicou-se este método como meio de validação e de implementação de melhorias na ferramenta. Pode-se dizer que, como o objetivo dos grupos de foco foi explorar que aspetos seriam importantes para a realização do plano de gestão de capacidades, bem como identificar possíveis melhorias ou lacunas existentes na ferramenta, os grupos de foco podem ser classificados como exploratórios.



## 4. CASO DE ESTUDO

Este capítulo destina-se à apresentação da empresa na qual o trabalho foi desenvolvido. Assim, faz-se uma breve introdução da empresa Bosch com o foco na unidade Car Multimedia de Braga. Em seguida apresenta-se a estrutura organizacional da unidade em que o trabalho foi desenvolvido, bem como da forma como a gestão de projetos ocorre na Bosch, destacando os principais aspetos de maior relevância no desenvolvimento do presente trabalho. Por fim, apresenta-se a problemática no contexto em que o trabalho está inserido.

### 4.1 A empresa Bosch Car Multimedia S.A.

A Bosch é atualmente um dos mais importantes fornecedores de tecnologia e serviços. O grupo emprega, de acordo com o relatório de 31 de dezembro de 2018, aproximadamente 410.000 colaboradores, com uma receita de 78,5 mil milhões de euros em 2018 (Bosch, 2019a). Como uma empresa importante no que se refere a IoT (*Internet of Things*), a Bosch procura oferecer soluções inovadoras para *smart homes*, *smart cities*, *connected mobility* e *connected manufacturing*. O grupo faz uso da sua *expertise* em tecnologia de sensores, em *software* e serviços, bem como no próprio IoT *cloud*, para oferecer soluções para os seus clientes. A estratégia do grupo Bosch é entregar soluções inovadoras e práticas (Bosch, 2019b). Essas informações estão sumariadas na Figura 10.

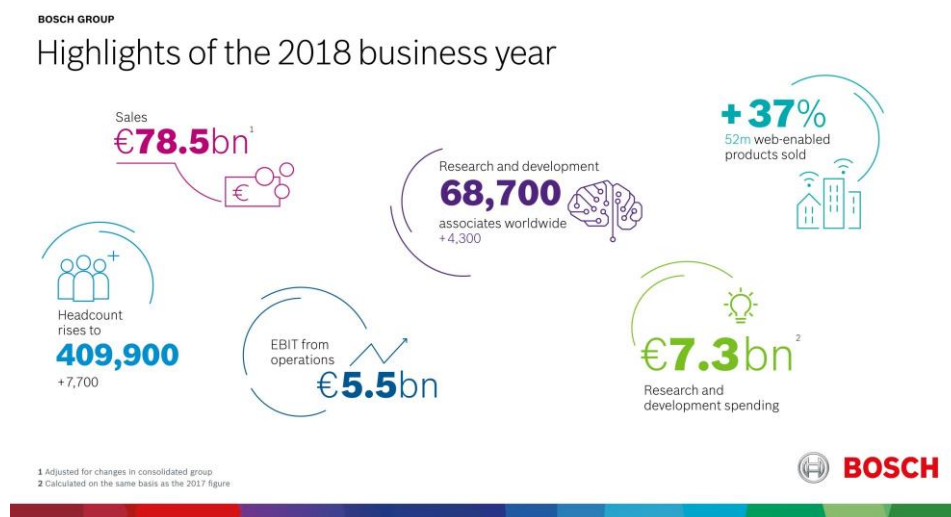


Figura 10 - Highlights of the 2018 business year  
(Bosch, 2019b)

O objetivo estratégico do grupo é criar soluções conectadas com a vida, ou seja, através de produtos inovadores desenvolver soluções que proporcionem qualidade de vida para os seus clientes. A Bosch considera que o seu crescimento está ligado à inovação. Isso pode ser visto no número de funcionários, aproximadamente 68.700 colaboradores, envolvidos na

investigação e desenvolvimento. A companhia foi fundada em Stuttgart em 1886 por Robert Bosch (1861-1942) como “*Workshop for Precision Mechanics and Eletrical Engineering*”. Atualmente o grupo atua em quatro setores de negócio: *Mobility Solutions*, *Industrial Technology*, *Consumer Goods* e *Energy and Building Technology*.

Devido à quantidade de setores de negócio e às particularidades que cada um possui, o presente trabalho procura destacar apenas o setor e a divisão na qual o trabalho está inserido. Portanto, destaca-se o setor de negócio *Mobility Solutions*, responsável por cerca de 61% das vendas do negócio. As atividades principais estão relacionadas com tecnologia de injeção, soluções para *powertrain* de combustão interna e elétrica, sistemas que deem suporte ao condutor e *infotainment*. O principal objetivo desse setor é tornar a mobilidade livre de emissões, de *stress* e de acidentes, na medida do possível. A *Mobility Solutions* é composta pelas divisões *Powertrain Solutions*, *Chassis Systems Control*, *Electrical Drives*, *Car Multimedia*, *Automotive Electronics*, *Automotive Aftermarket*, *Automotive Steering* e *Connected Mobility Solutions* (Bosch, 2019a).

Na *Car Multimedia* (CM) são desenvolvidas soluções de mobilidade que procuram inovar tanto na parte de *software* como na parte *hardware*. Esta unidade visa ser líder no que concerne a *infotainment*, instrumentação, *connected services* e condução assistida. A CM pode ser dividida em quatro unidades de negócio, sendo elas: (i) CM-CI1 (*Automotive Navigation and Infotainment Systems*), desenvolvimento de *smart solutions* que integram entretenimento, navegação e condução assistida; (ii) CM-CI2 (*Instrumentation Systems*): desenvolvimento de sistemas de instrumentação para carros; (iii) CM-CI3 (*Professional Systems*): desenvolvimento de soluções profissionais para integração da conectividade, *infotainment* e aplicações que assistem o condutor; e, (iv) CM-MS (*Manufacturing Service*): manufatura de complexas unidades de controlo eletrónicas (Bosch, 2017a).

A área de *Manufacturing Industrialization* (MFI) é a responsável pela CM em todo o mundo na construção de amostras e está localizada em Hildesheim (Alemanha), Braga (Portugal), Penang (Malásia), Suzhou ou Wu Hu (China) (Bosch, 2017a).

A Bosch Car Multimédia, S.A., é uma das empresas mais reconhecidas em Portugal e com uma taxa de exportação de 95%. A unidade da Bosch em Braga tem a sua história iniciada com a abertura da fábrica Blaupunkt, em 1990, que na altura se dedicava à produção de autorrádios. Com os avanços tecnológicos e as novas necessidades do mercado, a marca foi vendida em 2009 iniciando-se uma reestruturação para o que viria a ser a Bosch Car Multimédia Portugal S.A., dedicando-se ao desenvolvimento e produção de sistemas de *infotainment*,

instrumentação e sensores de segurança para a indústria automóvel, bem como a desenvolver também soluções para mobilidade conectada e autónoma (Bosch, 2018).

## 4.2 Contextualização do estudo na estrutura da empresa

Almeida e Tereso (2017) descrevem que a unidade de Braga produz uma larga quantidade de portefólios de produtos eletrónicos, principalmente de sistemas de navegação e sistemas de instrumentação, para uma grande quantidade de clientes da indústria do setor automóvel. Essa unidade pode ser organizada em grandes duas áreas, comercial e técnica, como ilustrado na Figura 11.

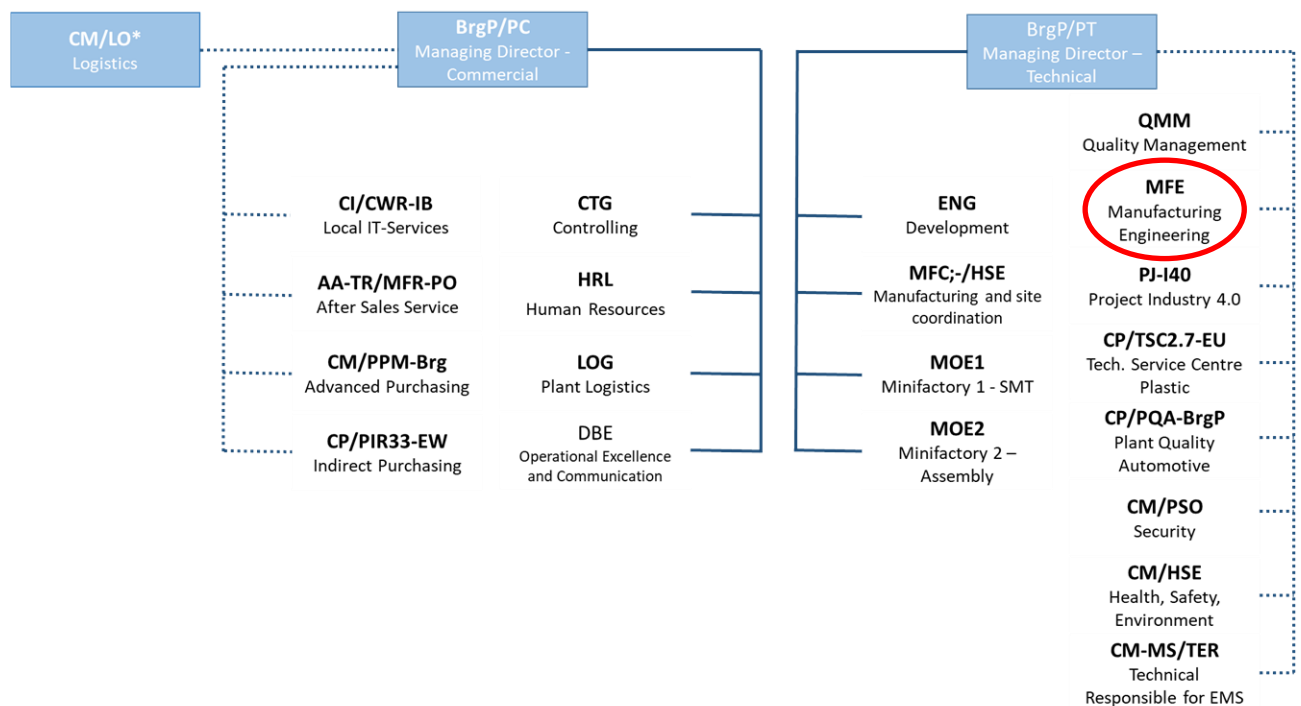


Figura 11 - Estrutura organizacional da Bosch Car Multimedia Braga  
(Bosch, 2017a)

O presente estudo é desenvolvido no departamento de *Manufacturing Engineering* (MFE), como destacado na Figura 11, que pertence à área de *Manufacturing Industrialization* (MFI). O departamento de MFE integra diversos setores, por exemplo, gestão de projetos, desenvolvimento de amostras, montagem, teste e manutenção (Pereira, 2018), como ilustrado na Figura 12.

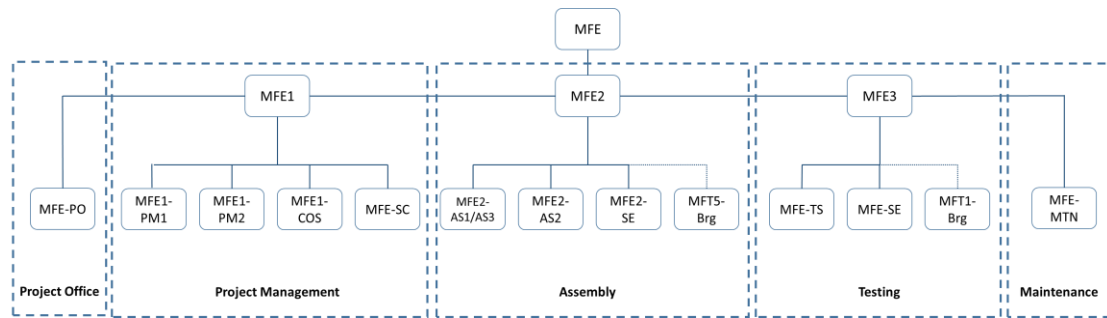


Figura 12 - Estrutura organizacional do departamento de MFE  
(Almeida, 2017)

O MFE é composto por cinco setores principais, são eles:

- *Project Office*: desenvolve todas as atividades de PMO, de *Product Engineering Process* (PEP), de gestão e padronização de *software* para projetos e de planeamento de custos.
- *Project Management*: além das atividades de gestão de projetos, executam as atividades de coordenar o desenvolvimento das amostras, do planeamento do material necessário para as amostras e de gerir os pedidos de alteração no desenvolvimento do projeto.
- *Assembly*: são as atividades referentes aos chefes de linha de produção e os departamentos responsáveis pelas atividades de industrialização, no que concerne aos equipamentos, ao *layout* e ao fluxo produtivo da linha de produção.
- *Testing*: responsável pelo sistema de implementação, de *setup* e de validação para o teste dos requisitos do produto e análise do desempenho do produto.
- *Maintenance*: responsável pela implementação do *Bosch Total Productive Maintenance Model*, da integração do sistema de produção Bosch e de considerar todas as atividades de manutenção preventiva e corretiva.

Dessa forma, o presente trabalho está contextualizado dentro do grupo Bosch, como ilustrado na Figura 13, no setor de PMO.

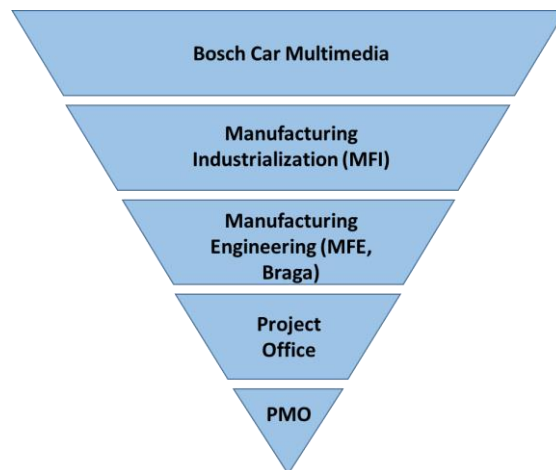


Figura 13 - Área de inserção do estudo na Bosch CM  
(Pereira, 2018)

Como descrito na secção 2.1.8, as atividades do PMO podem ir desde fornecer suporte à gestão de projetos até gerir os projetos. Por outras palavras, possui como propósito conseguir alinhar as necessidades da organização, das regras do negócio e das expectativas dos *stakeholders* com o intento de melhorar a eficiência da gestão de projetos. Dentro da Bosch, como já brevemente descrito, as atividades de PMO são, por exemplo, o desenvolvimento de atividades de gestão ligadas ao PEP, o desenvolvimento de ferramentas para padronização e o suporte à gestão de projetos.

Dessa forma, o presente trabalho procura desenvolver uma ferramenta que auxilie na gestão de capacidades dos recursos do setor de MFE. Nesse contexto, os *Project Managers* (PjM's) são os recursos e o principal objetivo da ferramenta é conseguir geri-los de modo a respeitar as regras do negócio e a minimizar a ociosidade dos PjM's, ou seja, conseguir encontrar o número de *headcounts* (quantidade de PjM's) necessário, dada a quantidade de projetos considerados no planeamento anual.

As próximas secções são destinadas à perceção do funcionamento das regras do negócio e da forma como a gestão de projetos na Bosch é realizada, para assim melhor contextualizar o leitor sobre os aspetos que foram importantes para o desenvolvimento da ferramenta, que serão abordados em mais detalhe nos capítulos seguintes.

#### 4.3 Gestão de projetos na Bosch Car Multimedia S.A.

De acordo com o MIPBok (Bosch, 2017b), um guia dos projetos de industrialização da Bosch, a gestão de projetos é entendida como um conjunto de competências que melhora o desenvolvimento e a execução dos projetos na empresa, sendo uma prática estabelecida desde o ano 2000. A Bosch possui um documento de 2009, e que passa por atualizações quando necessário, com as diretrizes internas em gestão de projetos denominadas como *Bosch Project*

*Management Body of Knowledge*, sendo baseadas no PMBOK. Este documento é intitulado “Central Directive Project Management at Bosch”. Este documento define a terminologia e os requisitos associados à gestão de projetos, bem como a forma como a gestão de projetos deve ocorrer dentro da organização. Dessa forma, é possível resumir que os projetos de industrialização podem ser divididos em: Gestão de Projetos, que é descrito pelo Bosch *Project Lifecycle Model* (BPLM); e, Desenvolvimento do Produto, que é descrito pelo *Product Engineering Process* (PEP).

Esta secção procura descrever como os projetos de industrialização são desenvolvidos na Bosch, iniciando pela apresentação da forma de categorização dos projetos na empresa, em seguida na forma como os projetos são geridos e, por fim, como é feita a gestão do desenvolvimento de novos produtos.

#### 4.3.1 Categorização de projetos Bosch/CM

Na Bosch, a categorização dos projetos é padronizada e descrita por uma diretiva central de gestão de projetos, como referido anteriormente. Os projetos podem ser categorizados de acordo com o impacto na unidade de operação e podem ser classificados em: A, B, C e D. Essas classificações estão brevemente descritas na Tabela 2, que descreve a forma em que cada tipo de projeto recebe uma pontuação, segundo os critérios descritos na referida tabela. Resumidamente, pode-se dizer que os projetos que possuem a maior pontuação são os projetos de maior complexidade e, portanto, classificados como categoria A. Por outro lado, os projetos que recebem uma menor pontuação são projetos que são classificados como categoria D, ou seja, que possuem uma menor nível de complexidade.

Tabela 2 - Matriz de critérios de avaliação para categorização de projetos  
(Bosch, 2017b)

<b>Critério</b>	<b>1 ponto</b>	<b>2 pontos</b>	<b>3 pontos</b>	<b>4 pontos</b>
<b>Impacto económico</b>	< 1M €	< 2M €	< 3M €	≥ 3M €
<b>Inovação</b>	Processos e sistemas de testes existentes (há apenas alteração nos parâmetros)	<i>Jigs</i> e sistemas de testes novos e teste SE cobre todos os passos do processo	<i>Jigs</i> e sistemas de testes novos e teste SE cobre todos os passos do processo	Novos processos de manufatura e métodos de <i>Testing</i>
<b>Locais de industrialização</b>	0 locais (apenas <i>sampling</i> )	1 local (projeto a nível local)	2 locais	>2 locais
<b>Interculturalidade</b>	1 cultura (projeto a nível local)	2 culturas	3-4 culturas	>4 culturas
<b>Complexidade</b>	< 5 WP	< 10 WP	< 15 WP	≥ 15 WP
<b>Duração</b>	< 6 meses	< 15 meses	< 24 meses	≥ 24 meses

Os critérios de categorização variam de 1 a 4 pontos pelos fatores: Impacto económico, que procura medir o custo de industrialização; Processo de inovação, procura mensurar o quão inovador o projeto será; Localização do projeto de industrialização, visa identificar o número de países envolvidos no projeto; Interculturalidade, tenta identificar a quantidade de culturas envolvidas no projeto; Complexidade do projeto, mensura o número de *work packages* incluídos no projeto, a quantidade de fases/subfases ou subprodutos de um projeto; e, Duração do projeto, procura identificar o horizonte de tempo do projeto, desde o *kick-off* até à última *quality-gate*.

A categorização do projeto na Bosch também define os requisitos de qualificação que o PjM precisa ter para receber um determinado projeto. Assim, além de refletir a complexidade do projeto, a categoria do projeto influencia na atribuição dos projetos aos gestores de projetos, por exemplo, um gestor de projeto de categoria A ou B deve ter obtido a aprovação no processo de certificação de acordo com o *Robert Bosch Kolleg Project Manager Qualification*, um curso específico de formação de gestão para gestores de projetos da Bosch. Adicionalmente as categorias dos projetos contam para o *career path* dos gestores de projetos no aspeto *Leadership in Projects*.

#### 4.3.2 Bosch project lifecycle model

O Bosch *Project Lifecycle Model* (BPML) descreve o processo de gestão dos projetos de industrialização e está alinhado com os cinco grupos de processo descritos pelo PMI (Bosch,

2017b), como pode ser visto na Tabela 3. Cada fase do BPLM é delimitada por *milestones*, que são eventos que possuem os seus respectivos *outcomes* e entregas. Nos parágrafos seguintes essas fases serão melhor descritas.

Tabela 3 - Comparação entre as fases do BPLM e do PMI  
(Bosch, 2017b)

Fases do BPLM	Grupos do modelo PMI
<i>Request</i>	<i>Initiating</i>
<i>Preparation</i>	<i>Planning</i>
<i>Conception</i>	<i>Execution/Monitoring&amp;Controlling/(RE)Planning</i>
<i>Implementation</i>	<i>Execution/Monitoring&amp;Controlling/(RE)Planning</i>
<i>Completion</i>	<i>Closing</i>

#### Fase 00 – Request

Todo o projeto é iniciado com uma requisição formal de um PjM para gerir o projeto feita ao *Program Manager* (PgM) da área do negócio, no caso do presente trabalho, localizado em Braga, designada por *Request Started*, de acordo com a Figura 14, que apresenta o fluxo do processo da *Request Phase*. Esse pedido deve conter o *global Project Charter*, o *global kick-off minute* (caso exista) e o *global project Organization Breakdown Structure* (OBS). Em caso de aprovação é considerado que a *milestone 0* (M0) foi alcançada.

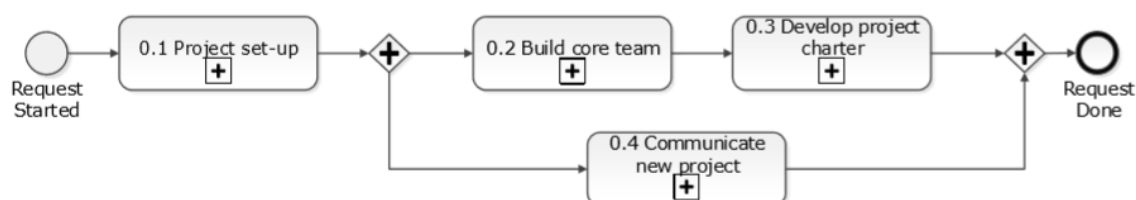


Figura 14 - Fluxo do processo da Request Phase  
(Bosch, 2017b)

Esta fase, de acordo com o fluxo do processo apresentado na Figura 14, é constituída pela realização do pedido formal dos membros do projeto, como o *Launch Manager* (LM), *Parts Purchase Manager* (PPM-SuS), *Project Quality Manager* (PQM) e *Sample Build Coordinator* (SBC), que formará o *core team*. São coletados e sumariados todos os *key points*, bem como os objetivos, os requisitos, os principais riscos, os *stakeholders*, as restrições e os pressupostos necessários, que guiarão o gestor de projeto por todo ciclo de vida do projeto. Por fim, a atividade que ocorre em paralelo com a construção do *core team* e desenvolvimento do *project charter* é a comunicação do novo projeto, que visa comunicar à organização o início de um novo projeto na unidade, nesse caso a de Braga, com uma breve apresentação e um *meeting*.



## Fase 01 – Preparation

Esta fase inicia-se pela aprovação do *project charter* e é dedicada a definir, a preparar e a coordenar todos os planos, que mais à frente serão integrados num *Project Management Plan* (PMP). Esse documento é fundamental para o trabalho a ser desenvolvido no projeto. A *milestone* M1 é onde o projeto é formalmente aceite e apresentado. A aprovação do PMP é dada pela *milestone* M2, e define o fim desta fase. O fluxo do processo da *Preparation Phase* pode ser visto na Figura 15 e será melhor descrito a seguir.

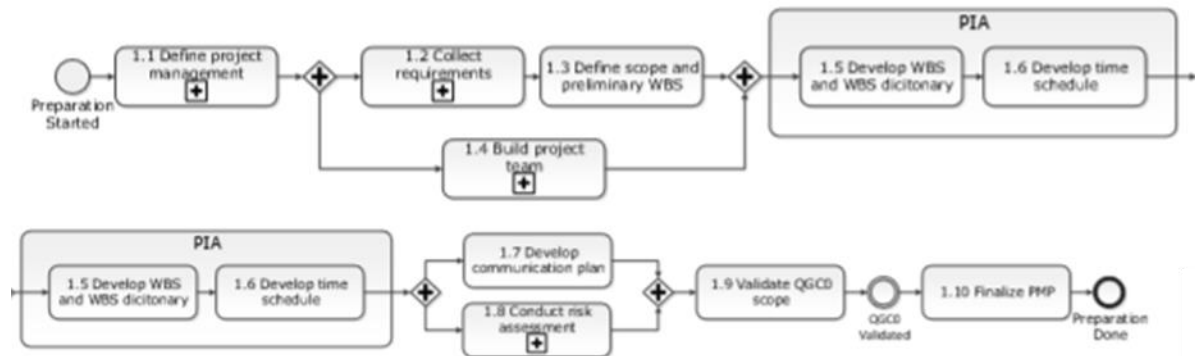


Figura 15 - Fluxo do processo da Preparation Phase  
(Bosch, 2017b)

Detalhando um pouco melhor, a fase de Preparação inicia-se com definição do plano de gestão que será desenvolvido para o projeto de acordo com a categoria do projeto. Em seguida, tem-se a recolha de todos os requisitos dos *stakeholders* com o objetivo de desenvolver um melhor planeamento para o projeto. Posteriormente há a definição do âmbito e de uma versão preliminar da WBS, o que requer a definição de todo o trabalho que será necessário para alcançar os objetivos do projeto. Em paralelo às duas atividades anteriormente citadas, realiza-se o *Build Project Team*, onde são nomeados os membros da equipa do projeto. Em seguida, tem-se o PIA (*Project Initiation and Acceleration*), que possui como objetivo envolver a equipa do projeto no planeamento das atividades e assegurar que fazem parte do projeto. O PIA é composto pelas atividades de desenvolvimento do WBS e do cronograma do projeto. Depois há o desenvolvimento do plano de comunicação, que tem como objetivo identificar os momentos, o propósito e os canais de comunicação para cada membro. Simultaneamente ocorre a identificação, a avaliação e o plano de risco para o ciclo de vida do projeto inteiro. Por fim, ocorre a validação do *quality gate 0* (QGC 0) e a finalização do PMP com todos os documentos e planos do projeto para aprovação formal do projeto.

## Fase 02 – Conception

Nessa fase a produção das amostras é iniciada, sendo o principal objetivo o desenvolvimento do conceito final do produto e a criação da linha de manufatura. Como pode ser visto na Figura 16, a *Conception Phase* inicia-se com detalhamento do trabalho no PMP fazendo uso da técnica de *Rolling Wave*. Em seguida, é desenvolvida a atividade de direcionar a equipa ao longo do projeto, recolhendo as informações sobre o trabalho realizado, fornecendo uma comunicação eficiente do *feedback* obtido, resolvendo problemas e olhando para futuras fontes de mudança. Ocorre também a monitorização das peças para construção da amostra, como também a monitorização das ferramentas e dos equipamentos necessários para construção das amostras. Também é feita, em simultâneo, a monitorização e o controlo do trabalho realizado no projeto, com atualização dos relatórios segundo o *status* corrente do trabalho. Após essas atividades realiza-se a validação do *quality gate 1* (QGC 1) e, por fim, a revisão do trabalho realizado nessa fase.

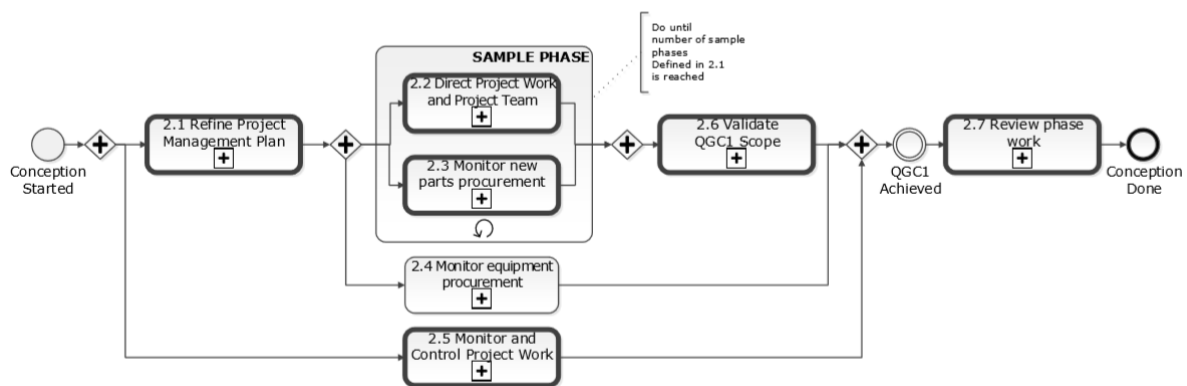


Figura 16 - Fluxo do processo da Conception Phase  
(Bosch, 2017b)

## Fase 03 – Implementation

Esta fase possui uma ênfase em perceber o plano de gestão de projetos considerando as possíveis mudanças e está concluída quando o cliente valida os resultados dos projetos, atestando que os objetivos esperados foram alcançados, como ilustrado na Figura 17.

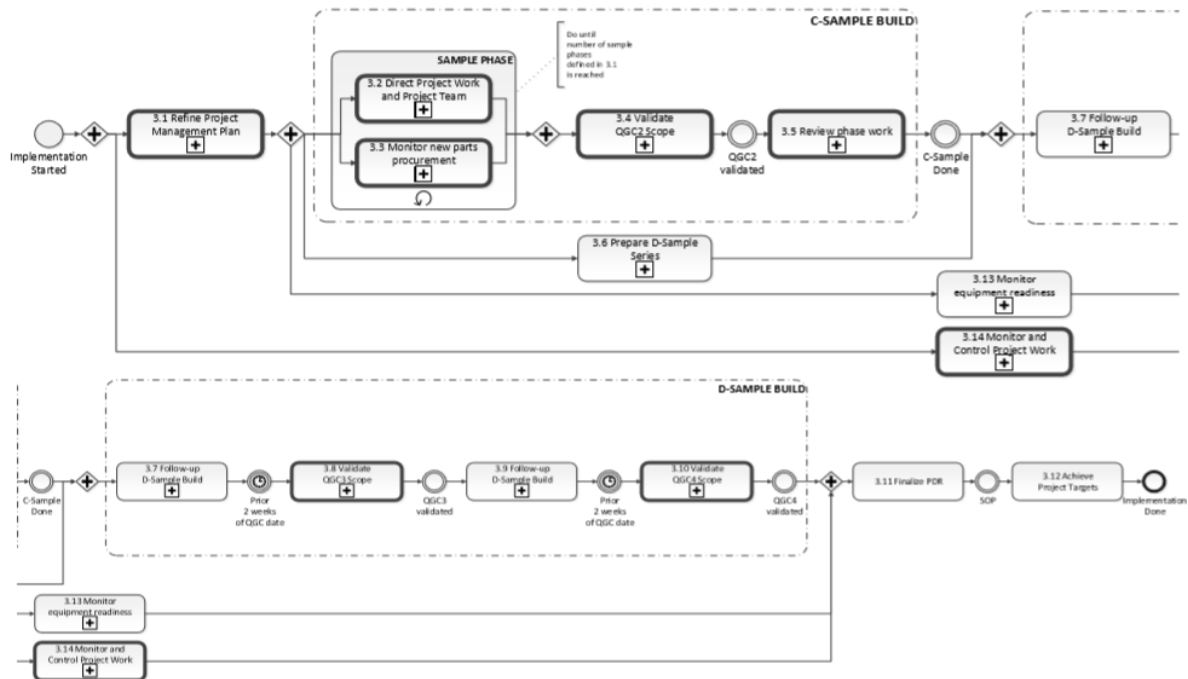


Figura 17 - Fluxo do processo do Implementation Phase  
(Bosch, 2017b)

A primeira atividade é rever e detalhar o trabalho do PMP com o uso da técnica de *Rolling Wave*. Em seguida é realizada a atividade de conduzir a equipa por cada amostra planeada, recolhendo dados do trabalho desenvolvido e fornecendo o *feedback* obtido através de uma comunicação eficiente e resolvendo os problemas futuros. Em paralelo procura garantir a disponibilidade das partes necessárias para a industrialização do produto, de acordo com o projeto. Essas duas últimas atividades formam a *sample phase*. Quando elas terminam tem-se a validação da QGC2 que garante que a informação necessária para a próxima *quality-gate* esteja disponível, o que por sua vez reflete a maturidade do projeto. Após a validação tem-se a revisão do trabalho desenvolvido através de um *meeting* com a equipa do projeto para uma apresentação do desenvolvimento do projeto e identificação das lições aprendidas. Em paralelo com as atividades da *sample phase*, validação da QGC2 e revisão do trabalho desenvolvido tem-se a preparação das amostras D. A preparação dessas amostras requer ações de suporte de alguns *stakeholders* para poderem entrar em produção. No decorrer da preparação das amostras é requerido o acompanhamento da evolução dos indicadores de qualidade na produção das amostras D. Em seguida, ocorre a validação da QGC3 que procura garantir a informação para que essa *quality-gate* esteja disponível. Após a validação da QGC3 ocorre outra vez o acompanhamento da evolução dos indicadores de qualidade na produção das amostras D. Seguidamente ocorre a validação da QGC4 que procura garantir que a informação para essa *quality-gate* esteja disponível. O conjunto das atividades de acompanhamento do

desenvolvimento das amostras D, validação da QGC3 e validação da QGC4 é nomeado de *D-Sample Build*. Após essas atividades há a finalização do PDR para então formalizar o acordo com o MOE sobre o início da produção em série e a continuação do acompanhamento dos indicadores de qualidade, até que os objetivos esperados do projeto sejam alcançados. Por fim, ocorre a monitorização dos equipamentos e das ferramentas que estão devidamente prontos para a industrialização das amostras C e D, bem como a monitorização e o controlo do trabalho do projeto com atualização, a análise e o relatório do atual *status* do projeto.

#### Fase 04 – Completion

A última fase é composta principalmente por cinco atividades, como ilustrado na Figura 18, que serão brevemente descritas nos parágrafos a seguir.

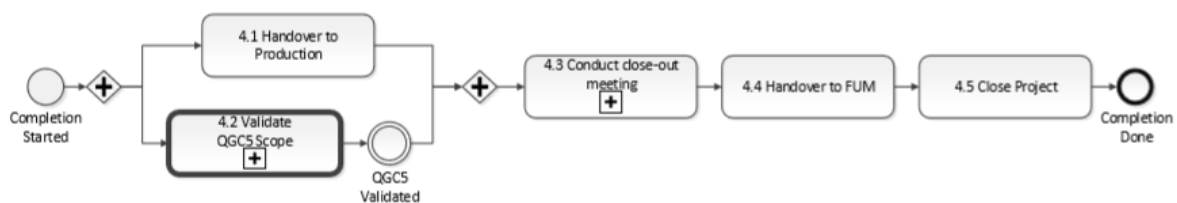


Figura 18 - Fluxo do processo do Completion Phase  
(Bosch, 2017b)

Esta fase é iniciada com o envio dos entregáveis para a produção para assim garantir que o processo de manufatura seja ajustado para atingir os objetivos esperados. Em paralelo ocorre a obtenção da QGC5 para conclusão de todo o projeto, assegurando que o cliente aceita tanto o processo como o produto desenvolvido. De seguida realiza-se uma reunião para concluir o projeto, assegurando que a equipa coletou as lições aprendidas na construção das amostras D. Por fim, tem lugar a entrega ao *Follow-Up Manager* (FUM) de toda a documentação para encerrar o projeto, pontos em aberto e questões sobre o produto.

#### 4.4 Product engineering process (PEP)

O PEP (*Product Engineering Process*) é uma parte do Bosch *Product Engineering System* (BES) que procura criar novos produtos com o tempo, a especificação e o orçamento correto, sem descurar o nível de qualidade exigido (Bosch, 2017b). Em suma, pode-se dizer que o PEP está relacionado com todas atividades de gestão de projetos desde o *kick-off* até à fase de conclusão do projeto. Assim, o PEP inclui todos os processos, além dos relacionados com a gestão de projetos, de *Software Engineering* e de *Hardware* (eletrónico e mecânico) *Engineering* (Bosch, 2017a).

Como já referido na secção 2.1.2, muitas organizações procuram desenvolver modelos e padrões do sistema *stage-gate*., para representarem o seu processo de desenvolvimento de produtos. Na Bosch o modelo desenvolvido para o contexto da empresa foi o PEP, que ocorre em cinco fases, como é possível ver na Figura 19, que serão descritas a seguir.

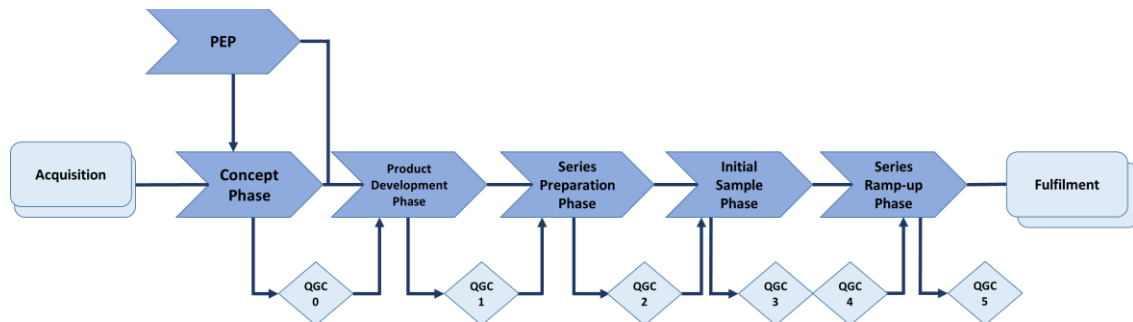


Figura 19 - Modelo Stage-Gate da Bosch (PEP)  
(Bosch, 2017b)

A *Concept Phase* refere-se ao desenvolvimento do *kick-off* do projeto e procura o desenvolvimento do conceito do novo produto, no que concerne a *SW architecture*, sistema eletrónico, *hardware*, sistema mecânico, bem como o *design* e especificações do produto. Nessa fase o conceito é definido, avaliado e validado e o cronograma do processo de industrialização é criado.

De seguida tem-se o *Product Development* que está relacionado com o desenvolvimento do produto, criando as amostras A e B para verificação e avaliação das especificações do produto. Basicamente é nessa fase que os primeiros protótipos são construídos e validados internamente. A terceira fase é o *Series Preparation* que inclui a preparação das amostras iniciais da linha de produção, bem como a produção em série, conhecidas como amostras C. Essa fase possui uma maior ênfase na linha de produção. As amostras dessa fase são feitas para serem enviadas ao cliente e receber a sua aprovação. Também é nessa fase que as ferramentas e equipamentos, que serão utilizados no processo de industrialização, passam pelo processo de aprovação.

A quarta fase, *Initial Sample Phase*, visa verificar o desempenho das séries piloto com a produção das amostras D. Após obtida a aprovação interna do produto e da linha de produção, o ISIR (*Initial Samples and Inspection Reports*) é enviado para receber a aprovação externa. É nessa fase que é feita a simulação da linha de produção, identificando e eliminando os potenciais problemas, através da produção das amostras D, para que tanto as amostras como o processo de manufatura sejam aprovados pelo cliente.

Por fim, o *Series Ramp-up Phase* refere-se a SOP (*Start Of Production*) que possui ênfase na otimização da produção em série, detetando e corrigindo as falhas restantes antes que a linha de produção tenha a capacidade especificada. Através da produção de pequenas quantidades de

amostras, são eliminados os problemas que ainda não foram solucionados e otimizado o fluxo produtivo, melhorando a eficiência e o tempo de ciclo do processo.

#### 4.5 Levantamento da problemática

Depois do contexto no qual o presente trabalho está inserido ter sido descrito, nomeadamente como os projetos podem ser categorizados, bem como, de forma sucinta, quais as atividades que são desenvolvidas em cada fase, no ciclo de vida de um projeto realizado na Bosch, e como funciona o desenvolvimento de produtos na empresa, desde a fase conceito do produto até a produção em série, importa esclarecer a problemática identificada. O principal objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie na gestão de capacidades do setor de MFE, ou seja, uma ferramenta que seja capaz de fazer o melhor uso dos recursos disponíveis no setor. Como a unidade basilar do trabalho é o próprio projeto e o setor no qual a problemática está inserida contém os gestores dos projetos que fazem e farão a gestão, respetivamente, dos atuais e dos novos projetos que possam vir a chegar à unidade Bosch Car Multimedia, os gestores dos projetos são, portanto, considerados como os recursos do problema a resolver.

Como descrito na revisão da literatura na secção 2.2.4, os problemas que procuram a minimização do escalonamento de projetos considerando as restrições de capacidade dos recursos são conhecidos como RCPSP. Como já mencionado, o recurso considerado foi o gestor de projeto. A alocação do gestor de projeto que está a gerir um projeto não deve ultrapassar em nenhum instante de tempo, dentro do horizonte de planeamento do projeto, os 100% da capacidade, que representam as 8 horas diárias de trabalho do gestor de projeto. Portanto, a ferramenta procura a minimização do término do projeto, sem descuar a restrição da capacidade de recurso. Assim, os projetos que fazem parte do planeamento do *Business Plan*, o portefólio dos projetos que estão em MFE, poderão ser melhor comprimidos de forma a serem otimizados sempre que forem inseridos na ferramenta, permitindo assim que seja possível um melhor aproveitamento da disposição dos projetos no decorrer do ano e da capacidade disponível no setor.

Uma vez que cada projeto a ser considerado possui a melhor disposição das atividades, com a menor duração e sem sobre-alocar os gestores de projetos, a ferramenta procura fornecer um *overview* do setor de MFE para tentar identificar o número de *headcounts* que são necessários para fazer a gestão dos projetos existentes.

Em suma, a ferramenta desenvolvida neste trabalho procura aumentar o percentual de recursos de que a empresa dispõe que estão envolvidos em gerir projetos, de modo a que no planeamento

anual seja possível conseguir identificar, não apenas o cronograma do portefólio de projetos, mas também fornecer o menor número de gestores de projetos que seriam necessários para operar a quantidade de projetos considerados no planeamento.

## 5. PARÂMETROS DA FERRAMENTA

O presente capítulo apresenta os parâmetros e os recursos que sustentam o funcionamento da ferramenta, assim como os dados que foram considerados como base para a ferramenta. Esses parâmetros são posteriormente utilizados como *inputs* para inserção de novos projetos na ferramenta, como também são imprescindíveis para a construção do cronograma do projeto e para a recomendação de afetação dos gestores de projetos aos projetos. Por outras palavras, nesta secção será feita a introdução dos conceitos e das informações que são importantes para a percepção do funcionamento da ferramenta e como essas informações estão relacionadas com o funcionamento da ferramenta.

Sendo assim, este capítulo está estruturado com base numa contextualização sobre os gestores de projeto e sobre a rede de atividades dos projetos, com ênfase nas informações que foram importantes para o desenvolvimento da ferramenta. Em seguida, será apresentado um recurso que serviu de suporte e se comprovou como essencial para o funcionamento da ferramenta no que concerne à parte de construção do cronograma do projeto, uma *Dynamic Link Library* (DLL) que permite à ferramenta utilizar um solver mais robusto.

### 5.1 Informações base dos gestores dos projetos

Dentro da Bosch existem muitas formas de medir e de distinguir os gestores de projetos. A nível de exemplo, o *Talent Associate Review* (TAR) é uma forma de identificar o desempenho do colaborador dentro da posição que ocupa, por exemplo, se já está bem-adaptado ao cargo que lhe foi atribuído e, portanto, já é possível integrá-lo num programa de preparação para um cargo superior. Assim como o TAR, outras informações servem de suporte para a classificação dos gestores de projetos dentro da organização. O conjunto dessas informações estão agrupadas dentro do *Career Path* de cada gestor de projetos.

Uma vez que essas informações podem variar dependendo dos anos de experiência na função, das certificações obtidas e de outras competências, após reuniões com os gestores de projetos e gestores de portfólios do setor de MFE, entrou-se num consenso de que os pormenores sobre a classificação dos gestores de projetos não seriam pertinentes para a ferramenta, sendo necessário apenas referir-se a classificação final do gestor de projetos e os anos de experiência que o mesmo possui na função segundo o *Career Path*. Esses foram os aspetos necessários para realizar a recomendação de afetação dos gestores de projetos aos projetos.

Desse modo, as possíveis classificações são *Project Manager I*, *Project Manager II*, *Project Manager III*, *Project Manager IV* e *Senior*. Sucintamente, pode-se dizer que os gestores de



projetos com a classificação de *Project Manager I* são os gestores de projetos que são novos no setor de MFE, possuem pouca ou nenhuma experiência em gestão de projetos e passarão por treinamentos de integração de gestão de projetos na empresa. Estes gestores podem fazer a gestão de projetos, mas com alguma supervisão, sendo um *coach* atribuído a esse novo gestor de projetos. Os gestores de projetos com a classificação de *Project Manager II* são gestores de projetos que possuem alguma experiência em gestão de projetos, podendo fazer a gestão de projetos de menor complexidade com autonomia. São gestores de projetos que já realizaram formação sobre gestão de projetos (nomeados como “Fundamentals I” e “Fundamentals II”) e podem ser considerados *fit* na função. Os gestores de projetos com a classificação de *Project Manager III* são gestores de projetos considerados com experiência na função, já podem assumir projetos de maior complexidade com autonomia para geri-los. Também é requerida a certificação de *Project Manager Professional* (PMP) conferida pelo PMI e ser considerado uma pessoa que consegue desempenhar a função de gestor de projetos com maior destreza. Os *Project Manager IV* são gestores de projetos que devem também ter a certificação *Robert Bosch Project Manager Qualification* (RB-PMQ) conferida pela Bosch, além da de PMP, já possuem uma considerável experiência em gestão de projetos, bem como a compressão do funcionamento da empresa (valores, princípios e processos, por exemplo). Por fim, o gestor de projetos do nível *Senior* deve possuir bastante experiência em gestão de projetos e é esperado que esteja preparado para desempenhar funções de chefia na organização, ou seja, possui competência para chefiar o setor de gestão de projetos e outros setores dentro da organização, se assim for do interesse da organização.

Em suma, as classificações descritas são níveis de progressão de carreira dos gestores de projetos na Bosch, que funcionam de forma cumulativa quanto aos requisitos e aos anos de experiência, sendo crucial para progredir nos níveis cumprir os requisitos de cada nível e os anos de experiência na função. Essas classificações são uma forma de resumir as informações do *Career Path* do gestor de projetos, como os anos de experiência, o TAR e os requisitos quanto às certificações, por exemplo.

## **5.2 Informações base dos projetos**

No que concerne aos projetos foi necessário realizar um levantamento da rede de atividades típica dos projetos. Tais informações foram encontradas na dissertação de mestrado de Pereira (2018). Como o objetivo dessa dissertação é o desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie na gestão de capacidades de projetos no contexto da empresa Bosch, não se achou pertinente

refutar tais informações, visto que é possível posteriormente alterá-las, no que se refere à duração e ao esforço utilizado para desempenho da atividade.

Sobre os projetos pode-se destacar dois aspectos importantes, são eles: os parâmetros sobre as atividades do projeto e as relações de precedência existentes na rede de atividades. Estes serão descritos nas duas secções a seguir.

### 5.2.1 Rede de atividades do projeto

Como já referido, os projetos na Bosch são categorizados em A, B, C ou D. Cada classificação, por sua vez, possui o seu respetivo nível de complexidade, sendo o de maior complexidade o A e o de menor complexidade o D. Para uma melhor compreensão, será feita uma descrição das redes de atividades da categoria A e D, para melhor perceber a diferença entre as redes de atividades, visto que essas duas categorias de projetos são as que possuem maior diferença entre si.

A rede de atividades dos projetos de categoria A é composta por 45 atividades e por cinco fases de projeto, como descrito na Tabela 5 (Anexo 1). Entre cada *quality-gate* (QGC) tem-se uma atividade *dummy*, salvo exceção na QGC 4 e QGC 5. Essas duas QGC's possuem somadas um total de cinco atividades e foram analisadas como uma única *quality-gate* para efeito de cálculo, entretanto não deixaram de ser identificadas como QGC's distintas, no presente estudo. Essa estrutura também é aplicada de forma semelhante nas categorias B e C, diferindo apenas o conteúdo de trabalho segundo a complexidade do projeto, como pode ser visto na Tabela 6 (Anexo 1).

A rede de atividades dos projetos de categoria D é composta por 30 atividades. Dessa forma, a rede de atividades dos projetos de categoria D não desenvolvem as atividades de número 16 a 30, ou seja, não realiza as *quality-gates* 1 e 2. Essa categoria de projetos possui um número menor de atividades e, portanto, menor complexidade, devido a serem projetos considerados como *model years*, em outras palavras, são projetos que são evoluções, *upgrades* ou novas versões, realizados no produto. Sendo assim, não há necessidade de construção de amostras piloto, por exemplo, que servem de protótipos para o produto final.

A rede de atividades de cada categoria de projeto possui valores referente à duração e ao esforço de cada atividade, como pode ser visto na Tabela 7 e na Tabela 8, que variam entre as categorias. Importa referir a relação direta que existe entre a duração e o esforço (quantidade de recursos alocados) para realização de uma atividade. Como descrito em Tereso et al. (2004), dado o conteúdo de trabalho de uma atividade “a” ( $W_a$ ) e a quantidade de recursos alocados para essa

mesma atividade, denominado no presente trabalho de esforço, ( $E_a$ ), a duração de uma atividade é dada pela expressão (14).

$$D_a = W_a / E_a \quad (14)$$

O entendimento da expressão (14) é de grande importância, pois o conteúdo do trabalho ( $W_a$ ) de todas atividades é sempre preservado nos cálculos que a ferramenta realiza, apesar do utilizador poder alterar o esforço ou a duração de uma determinada atividade, a ferramenta armazenará essas informações e manterá o conteúdo do trabalho em todo cálculo do projeto.

Perceber essa fórmula é de suma importância para a construção do cronograma dos projetos, seja no cenário de comprimir o cronograma do projeto, ou no cenário de diluir o cronograma do projeto, até à data determinada pelo utilizador. Os cálculos realizados na ferramenta nesses dois cenários, comprimir ou diluir o cronograma, bem como para realizar alterações da quantidade de horas em um dia de trabalho segue a relação descrita na expressão (15).

$$W_1 = W_2 \Rightarrow D_{a1} * E_{a1} = D_{a2} * E_{a2} \quad (15)$$

Assim, como o conteúdo de trabalho de uma atividade deve sempre ser mantido, seja essa atividade submetida a quaisquer circunstâncias, é possível deduzir a expressão (15), que nos permite encontrar qual seria o esforço ou a duração de uma atividade se quisermos que ela tenha uma duração maior ou menor, por exemplo.

### 5.2.2 Relações de precedência na rede de atividades

Como já mencionado na secção 2.1.1, os projetos possuem uma característica de serem únicos. Também, como ilustrado na Figura 20, os projetos são compostos por atividades e essas atividades podem ser decompostas em tarefas. Assim, apesar da referida característica dos projetos, no caso da empresa em questão é possível identificar atividades *standard* que constituem um projeto, de modo a estabelecer um conjunto de atividades que são executadas em todos os projetos, podendo diferir apenas no nível de complexidade do projeto, ou seja, em projetos de menor complexidade algumas atividades não possuem a necessidade de serem executadas, como já referido na secção 5.2.1. Desse modo, com a finalidade de simplificar o problema, a ferramenta considerará apenas as atividades dos projetos, como descrito na Tabela 9.

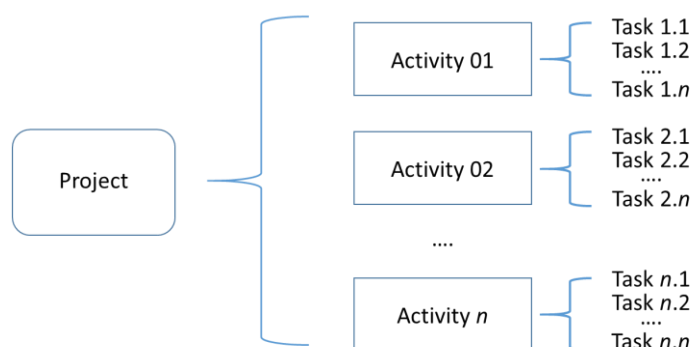


Figura 20 - Relação entre o projeto, as atividades e as tarefas

Importa ressaltar que, como pode ser observado na Tabela 7 e na Tabela 8, embora as atividades sejam semelhantes, há uma variação quanto à duração e ao esforço aplicado para realização da atividade. Por fim, ressalta-se que as atividades que possuem uma duração nula são as atividades *dummys*, em outras palavras, essas são atividades que não existem para aquela categoria de projeto.

Após informação da categoria do projeto, a ferramenta irá avaliar as atividades de cada *quality-gate* e procurar o menor tempo de realização daquele conjunto de atividades. As atividades de cada QGC e as relações de precedência entre as atividades estão ilustradas na Figura 62, Figura 63, Figura 64, Figura 65, Figura 66 e Figura 67 do Anexo 2.

A ferramenta grava as informações de início e de fim de cada QGC, pois o instante de término da  $QGC_n$  será o instante de início da  $QGC_{n+1}$ . Por exemplo, se a atividade 15 que pertence a QGC 0 é concluída no instante de tempo 20, a atividade 16 será iniciada também no instante 20. Cada QGC é entendida como um subprojecto que precisa ter a sua duração minimizada, ou respeitar as *due dates* estabelecidas, e a sua data de término será considerada como data de início do subprojecto (QGC) seguinte. A Tabela 4 procura clarificar a constituição de cada subprojecto.

Tabela 4 – Atividades e datas de início e de fim de cada subprojecto

Adaptado de Pereira (2018).

Subprojecto	Data de início	Data de fim	Primeira atividade	Última atividade
I	<i>Milestone 0</i>	QGC 0	1	15
II	QGC 0	QGC 1	16	23
III	QGC 1	QGC 2	24	30
IV	QGC 2	QGC 3	31	39
V	QGC 3	QGC 4	40	41
VI	QGC 4	QGC 5	42	45

Ainda sobre as relações de precedência das atividades, existe um caso especial em que foi preciso realizar alterações sobre a rede de atividades do projeto, no que se refere ao funcionamento do código. Como pode ser visto na Tabela 7, os projetos de categoria D não possuem as atividades de 17 a 30 e, portanto, no caso dessa categoria de projetos, em termos de código, será considerado que a atividade sucessora da atividade 16 será a atividade 31. Sendo assim, para essa categoria em concreto a precedência das atividades na QGC 0 será assumida como a ilustrada na

Figura 21. A atividade 15 passa para a atividade 16 e a sua sucessora é a atividade 31 seguindo as relações de precedência descritas nas figuras Figura 65, Figura 66 e Figura 67 do Anexo 2.

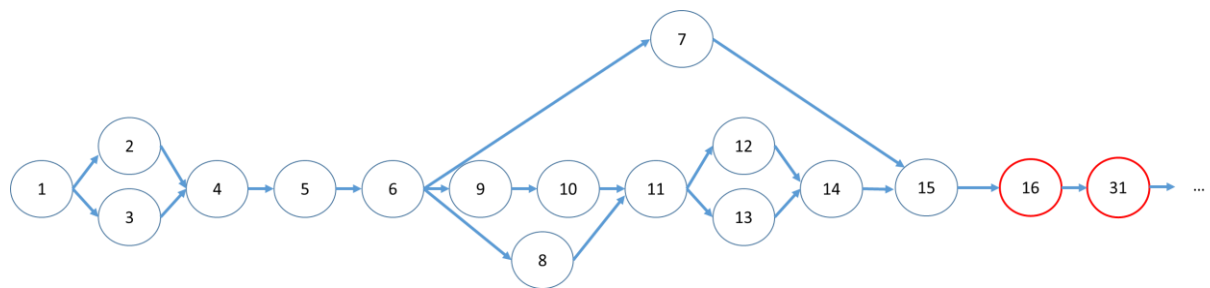


Figura 21 - Ilustração da rede AON de atividades da QGC0 para os projetos de categoria D

Também, para todas as categorias de projetos, apesar de serem *quality-gates* distintas, em termos de código, a QGC 4 e a QGC 5 foram consideradas como se fossem uma única *quality-gate*, devido à pequena quantidade de atividades existente na QGC 4. Dessa forma, as atividades das referidas QGC's têm a minimização da duração seguindo como ilustrado na Figura 22, sendo nomeada na ferramenta de *quality-gate* "QGC4e5".

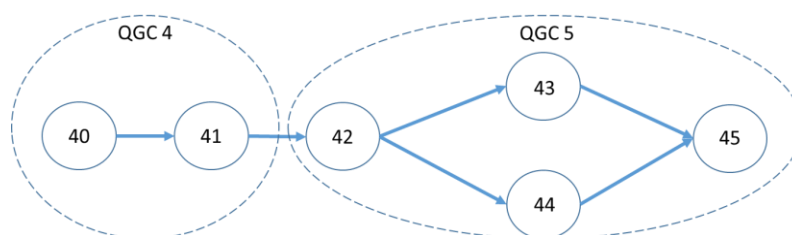


Figura 22 - Ilustração da rede de atividades da QGC4e5

A compreensão das relações de precedência, dado o contexto do problema, é crucial, pois a duração do projeto poderá ser reduzida com a execução de atividades em paralelo nos casos em que não ultrapassa o limite máximo da quantidade de recursos disponíveis para o dado instante de tempo em que o projeto ocorre. Com o intuito de exemplificar a importância das relações de precedência das atividades, será a seguir descrito um exemplo de como essas relações podem influenciar na construção do cronograma do projeto.

Considere uma rede de atividades, como ilustrado na Figura 23, com suas respectivas precedências, durações e consumo de recursos necessários para realizar a atividade. A construção do cronograma do projeto pode fazer uso das relações de precedência das atividades executando atividades em paralelo, sem desrespeitar a quantidade máxima de recursos disponíveis.

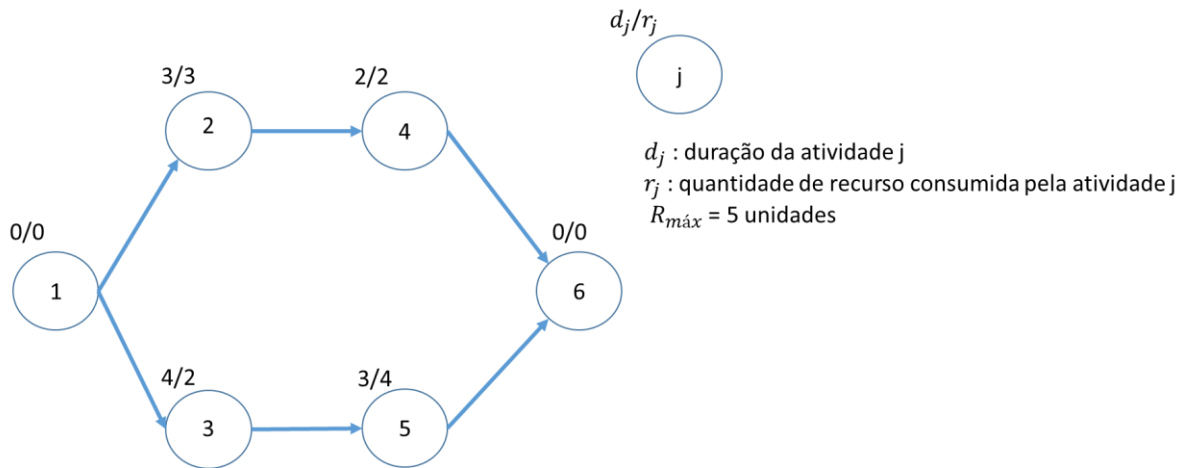


Figura 23 - Rede de atividades exemplo  
Adaptado de Tereso (2017)

Como pode ser visto na Figura 24, as relações de precedência influenciam na redução do término do projeto. Se olharmos o cronograma A, veremos que o término do projeto será no instante de tempo 9. No entanto, de acordo com a Figura 23, sabe-se que o consumo máximo permitido em cada instante de tempo é de 5 unidades e que a atividade 4 pode ser iniciada logo após a atividade 2 ter sido concluída. Uma vez que o somatório das atividades 3 e 4 não ultrapassam a quantidade máxima de recurso disponível, podem ser executadas em paralelo e, assim, reduzir o tempo de término do projeto em uma unidade de tempo, como ilustrado no cronograma B da Figura 24.

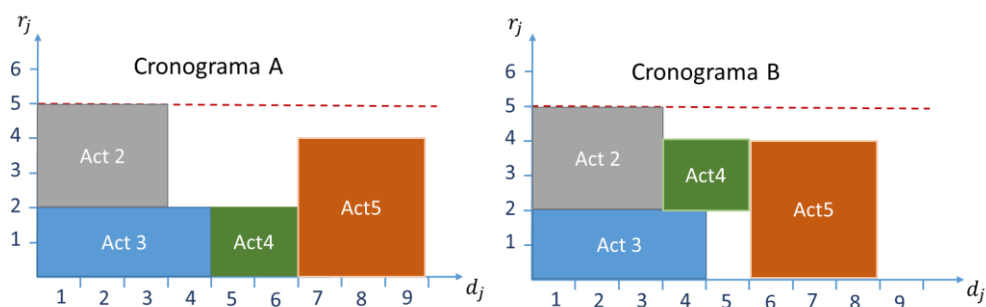


Figura 24 - Cronogramas possíveis  
Adaptado de Tereso (2017)

Apesar da simplicidade do exemplo, é possível perceber como as relações de precedência podem influenciar na construção do cronograma do projeto, não somente em relação as

atividades que pertencem ao caminho crítico como também as atividades que podem ser executadas em paralelo

### 5.3 UFFLP

Devido a algumas restrições impostas no que concerne ao funcionamento da ferramenta, como ser *user friendly* e fazer uso apenas de *software* que fosse *open source* ou já disponível para o setor de MFE da Bosch CM, foi necessário procurar um meio em que fosse possível realizar a parte de otimização para resolução de instâncias minimamente complexas, que não incorresse num novo custo e, ainda, possuísse uma interface de fácil uso para os utilizadores.

Na parte que concerne a ser um ambiente em que os utilizadores já estivessem habituados, optou-se pelo uso do *software* Microsoft Excel. No entanto, o solver deste *software* não possui capacidade para resolução de instâncias com certa complexidade, como por exemplo problemas com um considerável número de variáveis. A opção escolhida para encontrar uma solução dentro das condições requeridas foi a DLL UFFLP (Universidade Federal Fluminense *Linear Programming*).

O UFFLP é uma *Dynamic Link Library* (DLL) que permite integrar *solvers* de programação inteira mista, como o CPLEX e o COIN CBC, com outras linguagens de programação, no presente caso o *Visual Basic for Applications* (VBA) (Gapso, 2014). Essa DLL permite escrever o modelo matemático em linguagem VBA e conseguir ter acesso a um *solver* mais robusto. Visto que foi desenvolvida para fins académicos e/ou contextos corporativos para problemas de programação inteira mista (Amorim, Dias, Freitas, & Uchoa, 2013; Barbosa, Gomes, & Chaves, 2017; Cortez & Pessoa, 2016) com a possibilidade de modelação de problemas matemáticos com um grande número de variáveis, o uso dessa DLL consegue resolver os problemas abordados no contexto do presente trabalho.

Por fim, importa referir que o presente trabalho fez uso dessa DLL através de um conjunto de comandos do UFFLP descritos em Pessoa e Uchoa (2011), alguns ilustrados no Apêndice 1, e que essa biblioteca foi desenvolvida pelo Professor Doutor Artur Alves Pessoa, sendo disponibilizada pela Gapso no seu próprio *site* onde pode ser feito o *download* (Gapso, 2014). Esta é uma empresa que desenvolve sistemas de análise e de planeamento para fins corporativos. Atualmente pertence a Accenture, uma empresa que atua num ramo semelhante, mas a nível global e mais amplo (Accenture, 2015).

## 6. IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA

Esse capítulo é destinado a explicar a ferramenta em si, bem como a sua implementação e validação. Assim, o capítulo está segmentado numa secção que apresenta as funcionalidades da ferramenta. Em seguida é detalhada a função de criação de cronograma dos projetos, é mostrado um *overview* da ferramenta com a descrição de cada *worksheet* com suas respectivas funções. A seguir é descrito o sistema de recomendação de gestores de projetos a um projeto, que foi desenvolvido. E, por fim, é apresentado o processo de validação da ferramenta.

### 6.1 Funcionalidades

No decorrer do desenvolvimento da ferramenta, que possui o intuito de auxiliar na gestão de capacidades do portefólio de projetos do setor de MFE, percebeu-se que a ferramenta deveria ter, além das melhorias identificadas, funções que auxiliassem no seu uso e que no decorrer da investigação foram identificadas como uma mais-valia, como por exemplo ser possível alterar a quantidade de horas de trabalho de um dia de trabalho. A Figura 25 ilustra a vista inicial e principal da ferramenta, sendo o ponto de partida para percepção das funcionalidades da ferramenta; os parágrafos a seguir são destinados a apresentar as funções que a ferramenta possui.

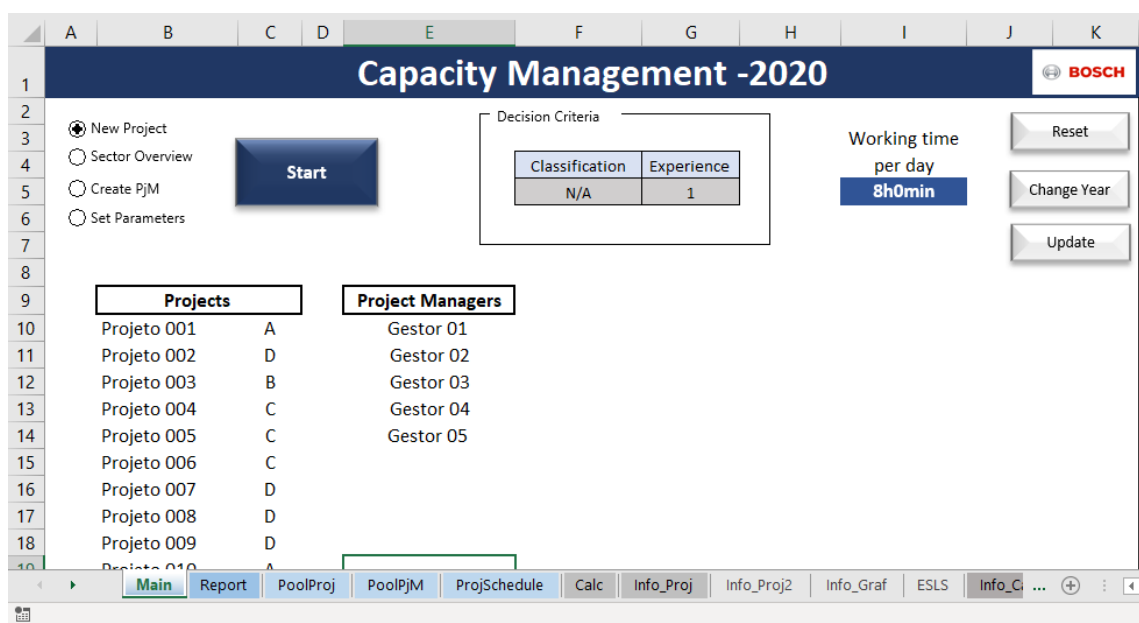


Figura 25 - Main worksheet

A ferramenta é inicializada na *worksheet* “Main”, como ilustrado na Figura 25. A primeira função da ferramenta a ser descrita é a de criar projetos. Ao seleccionar a opção “New Project” aparecerá um *Userform* como ilustrado na Figura 26, onde são inseridas as informações iniciais



do novo projeto. Essas informações são: o nome do projeto; a categoria do projeto; a data de início do projeto; o gestor de projetos que fará a gestão do projeto; o percentual máximo de alocação do recurso, ou seja, o máximo de tempo que o projeto pode ocupar diariamente ao gestor de projetos; as *due dates* do projeto, se existirem; o tipo de vista do perfil de recurso do projeto (por semana, por mês ou por dia); e, as informações adicionais do projeto, sejam elas sobre a rede de atividades do projeto ou outras, que o utilizador julgue pertinente.

A opção “PMx” é referente ao centro de custo a que o projeto pertencerá (PM1, PM2 ou PM3). É a única opção em que o utilizador realiza alterações, uma vez que ao escolher o gestor de projetos, o projeto será alocado ao centro de custos do próprio gestor.

Figura 26 - Informações iniciais do novo projeto

Ainda sobre as opções de informações iniciais do projeto, na parte de “Schedule Customization”, existe a possibilidade de alterar as informações das atividades do projeto. Se for escolhido realizar essas alterações, aparecerá um novo *Userform* para realizar a alteração das atividades, como ilustrado na Figura 27. Nessa opção é possível alterar as informações quanto à duração ou à quantidade de recurso que essa atividade consome, ou seja, o conteúdo de trabalho de uma atividade. Essas alterações são gravadas na secção “Project additional information”. Existe a opção de criar um novo projeto sem recomendação de um gestor de projetos (*Create*) e a opção de criar um novo projeto com a recomendação de um gestor de projetos (*Create and Recommend*). Essas duas opções serão melhor descritas posteriormente.

Change Information

Update Activity Finish

Activity	Duration	Effort	Description
1	1	0,20	Confirmar a receção do projeto
2	10	0,20	Requisitar e formalizar os elementos da core team
3	1	0,25	Organizar a core team
4	10	0,40	Desenvolver o Project Charter
5	12	0,40	Definir o Project Management Plan
6	10	0,20	Recolher requisitos
7	3	0,80	Participar em workshops PGL
8	2	0,70	Desenvolver o Work Breakdown Struture (WBS)
9	10	0,25	Organizar a Project Team
10	3	0,30	Conduzir a kick-off meeting
11	2	0,70	Desenvolver o time schedule
12	2	0,25	Desenvolver o plano de comunicação
13	5	0,40	Desenvolver o Risk Plan
14	20	0,10	Validar QGC 0 scope

Figura 27 - Change information

Como pode ser visto na Figura 25, uma outra opção existente é a de ver o relatório sobre o *status* do sector. Essa opção levará o utilizador para a *worksheet* “Report”, que será também melhor explicada na secção 6.4. Em seguida, tem-se a opção de criar um novo gestor de projetos, que fará aparecer o *Userform* “Create New PjM”, como ilustrado na Figura 28. Essa opção permite criar novos gestores de projetos informando o nome, o centro de custo a que ele está alocado (PM 01, PM 02 e PM 03), a classificação desse novo gestor de projetos e os anos de experiência, conforme já mencionado na secção 5.1. Após o gestor de projeto ser criado, a ferramenta considerará esse novo gestor para os processos de recomendação dos gestores de projeto aos projetos e da seleção manual do gestor de projetos para um novo projeto.

Create New PjM

Name

PMx

Classification

Experience

Assign project

Project Category

Add Clean Info Exit

Figura 28 - Criar um novo gestor de projetos

Outra funcionalidade é a de alterar a quantidade de horas de trabalho por dia. Está funcionalidade foi incluída devido a alguns países possuírem uma carga de trabalho diária

diferente. Para tal, criou-se a função “Set Parameters” para poder ser alterada a quantidade de horas que são consideradas num dia de trabalho, como ilustrado na Figura 29.

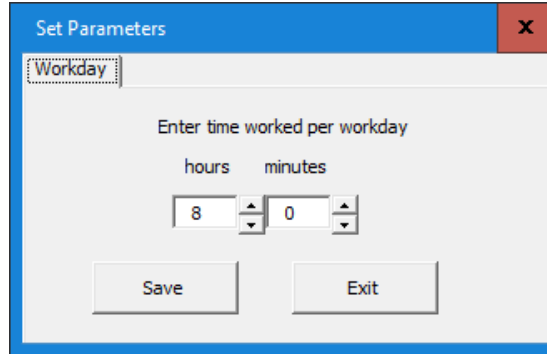


Figura 29 - Set Parameters

Após essas alterações serem realizadas, calcula-se uma nova quantidade de recursos que seja equivalente à nova carga horária de trabalho, sem que seja perdido o conteúdo do trabalho. Visto que  $CH_1$  é a carga horária de trabalho do cenário 1 e  $E_{CH1}$  o número de *headcount* para realizar a atividade 1 no cenário 1, a quantidade de horas ( $H_{CH1}$ ) que são gastas na atividade 1 no cenário é dada pela expressão (16). Assim, para encontrar qual é o novo esforço (*headcount*) para a nova carga horária ( $E_{CH2}$ ), calcula-se o rácio entre a quantidade de horas necessárias ( $H_1$ ) para a realização de uma atividade e a nova carga horária ( $CH_2$ ), como descrito na expressão (17).

$$H_{CH1} = CH_1 * E_{CH1} \quad (16)$$

$$E_{CH2} = H_1 / CH_2 \quad (17)$$

Por fim, estão disponíveis as funções de limpar toda a informação da ferramenta, com exceção das informações dos gestores de projetos, com o botão “Reset”. A função de alterar o ano no qual será realizado o planeamento da gestão dos projetos, no botão “Change Year”, e atualizar os dados da ferramenta com o botão “Update”, como pode ser visto na Figura 25.

## 6.2 Construção de cronogramas

Nesta secção será explicado como o cronograma do projeto é criado. Como pode ser visto na Figura 30, a ferramenta possui basicamente duas formas de criar o cronograma do projeto, uma que gera a solução ótima e outra que faz uso de um modelo híbrido que é baseado na metaheurística *Fix-and-Optimize Variable Neighborhood Search* (VNS).

Para a construção do cronograma dos projetos, identificou-se que cada subprojecto (QGC) do projeto pode ter duas situações: a primeira é ter uma *due date* definida e a segunda é não ter *due date* para o subprojecto. No caso de não se ter uma *due date*, o cronograma é criado no menor tempo possível. No caso de ter uma *due date*, ainda é possível subdividir em dois outros casos, onde seja necessário diluir as atividades até à data definida (*due date*) ou comprimir as atividades até à data definida. Essas situações estão ilustradas na Figura 30.

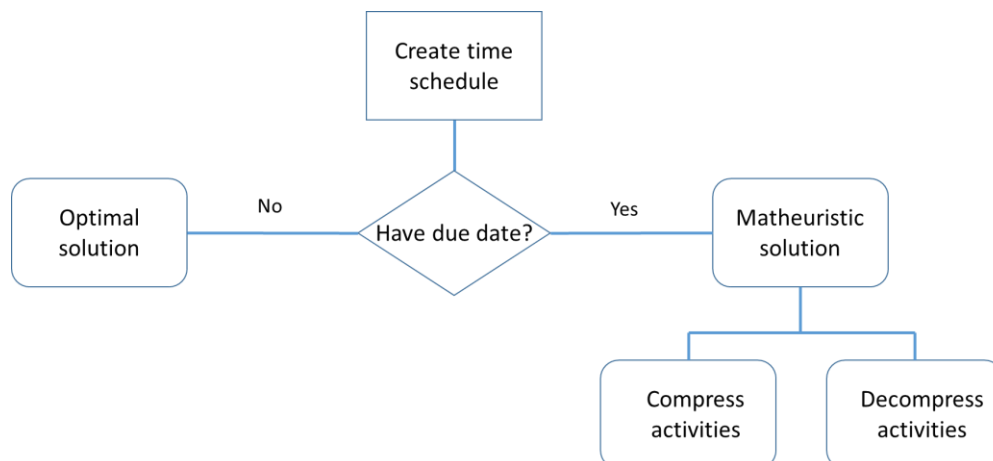


Figura 30 - Cenários para criar o cronograma do projeto

Dessa forma, esta secção está dividida em duas partes, primeiro será feita uma explicação de como é realizado a otimização do *time schedule* do projeto, onde é fornecida a solução ótima para o cronograma do projeto. Este é o caso em que não há *due dates*; em seguida, será detalhado o modelo híbrido utilizado para construção de cronograma do projeto; este é o caso em que há *due dates*.

#### 6.2.1 Solução ótima

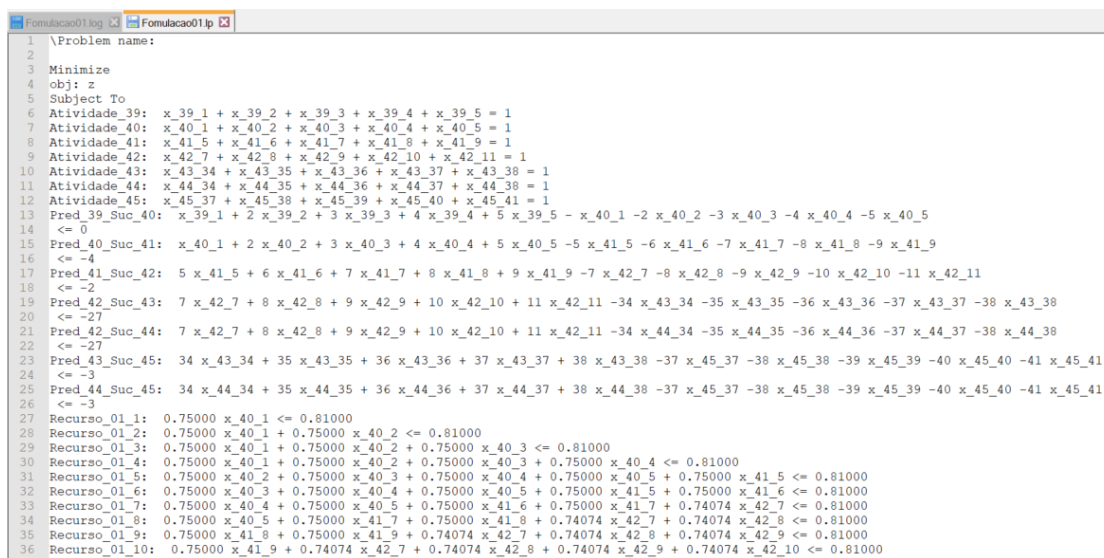
O processo de criar um projeto na ferramenta é iniciado na *worksheet* “Main”, na opção “Create New Project”, onde o utilizador poderá introduzir as informações iniciais do projeto, como já referido na secção 6.1. Após a criação do projeto, a construção do cronograma é feita por partes, ou seja, a ferramenta constrói o melhor cenário de acordo com as informações do utilizador para cada QGC. Desse modo, a ferramenta armazena as informações da primeira QGC, realiza os cálculos do *Backward pass* e *Forward pass*, em seguida é realizada a criação do *time schedule* do projeto, essa informação é guardada e, por fim, a ferramenta passa para a próxima QGC e no caso de não haver outras QGC’s reúne todas as informações do projeto para validação do utilizador. Esse processo está ilustrado na Figura 59 do Apêndice 2 que será mais detalhado nos parágrafos seguintes.

Dentro do processo de criar um projeto, existe um subprocesso nomeado de “Time schedule creation”, como pode ser observado na Figura 59 do Apêndice 2. É nessa parte que o cronograma do projeto é de facto criado.

Como já mencionado, após as informações iniciais do projeto serem inseridas na ferramenta, existe a opção “Create” que realizará a otimização do cronograma do projeto e realizará a criação do projeto. Também é possível escolher a opção “Create and Recommend” que realiza a criação do cronograma do projeto e em seguida cria um *ranking list* dos gestores de projetos elegíveis e disponíveis para receber aquele projeto. A parte sobre a recomendação da afetação dos gestores aos projetos será abordada na secção 6.3.

Em seguida, a ferramenta identifica, através das informações fornecidas pelo utilizador, qual a categoria do projeto para escolher que informação deve ser considerada sobre a duração e o esforço de cada atividade. Após essas informações terem sido armazenadas é iniciado o cálculo do *earliest start* e do *latest start*, como também do *earliest finish* e do *latest finish* de cada atividade da cada QGC através do *forward pass* e do *backward pass*. A ferramenta considera como tempo de término máximo da QGC o somatório de todas as atividades pertencentes a QGC. Ao fim dessa etapa, têm-se as informações do *earliest start*, do *latest start*, da folga de cada atividade e do tempo de conclusão mais cedo do projeto. Essas informações são as de maior importância para a etapa seguinte.

Na próxima etapa, é onde ocorre de facto o processo de otimização da QGC. É então que as informações obtidas através do *forward pass* e do *backward pass* servem para realizar a formulação matemática do problema descrito na secção 2.2.4. O problema é formulado no formato LP (*Linear Programming*), como pode ser visto na Figura 31, que ilustra o código.



```

1 \Problem name:
2
3 Minimize
4 obj: z
5 Subject To
6 Atividade_39: x_39_1 + x_39_2 + x_39_3 + x_39_4 + x_39_5 = 1
7 Atividade_40: x_40_1 + x_40_2 + x_40_3 + x_40_4 + x_40_5 = 1
8 Atividade_41: x_41_5 + x_41_6 + x_41_7 + x_41_8 + x_41_9 = 1
9 Atividade_42: x_42_7 + x_42_8 + x_42_9 + x_42_10 + x_42_11 = 1
10 Atividade_43: x_43_34 + x_43_35 + x_43_36 + x_43_37 + x_43_38 = 1
11 Atividade_44: x_44_34 + x_44_35 + x_44_36 + x_44_37 + x_44_38 = 1
12 Atividade_45: x_45_37 + x_45_38 + x_45_39 + x_45_40 + x_45_41 = 1
13 Pred_39_Suc_40: x_39_1 + 2 x_39_2 + 3 x_39_3 + 4 x_39_4 + 5 x_39_5 - x_40_1 - 2 x_40_2 - 3 x_40_3 - 4 x_40_4 - 5 x_40_5
14 <= 0
15 Pred_40_Suc_41: x_40_1 + 2 x_40_2 + 3 x_40_3 + 4 x_40_4 + 5 x_40_5 - 5 x_41_5 - 6 x_41_6 - 7 x_41_7 - 8 x_41_8 - 9 x_41_9
16 <= -4
17 Pred_41_Suc_42: 5 x_41_5 + 6 x_41_6 + 7 x_41_7 + 8 x_41_8 + 9 x_41_9 - 7 x_42_7 - 8 x_42_8 - 9 x_42_9 - 10 x_42_10 - 11 x_42_11
18 <= -2
19 Pred_42_Suc_43: 7 x_42_7 + 8 x_42_8 + 9 x_42_9 + 10 x_42_10 + 11 x_42_11 - 34 x_43_34 - 35 x_43_35 - 36 x_43_36 - 37 x_43_37 - 38 x_43_38
20 <= -27
21 Pred_43_Suc_44: 7 x_42_7 + 8 x_42_8 + 9 x_42_9 + 10 x_42_10 + 11 x_42_11 - 34 x_44_34 - 35 x_44_35 - 36 x_44_36 - 37 x_44_37 - 38 x_44_38
22 <= -27
23 Pred_44_Suc_45: 34 x_43_34 + 35 x_43_35 + 36 x_43_36 + 37 x_43_37 + 38 x_43_38 - 37 x_45_37 - 38 x_45_38 - 39 x_45_39 - 40 x_45_40 - 41 x_45_41
24 <= -3
25 Pred_45_Suc_46: 34 x_44_34 + 35 x_44_35 + 36 x_44_36 + 37 x_44_37 + 38 x_44_38 - 37 x_45_37 - 38 x_45_38 - 39 x_45_39 - 40 x_45_40 - 41 x_45_41
26 <= -3
27 Recurso_01_1: 0.75000 x_40_1 <= 0.81000
28 Recurso_01_2: 0.75000 x_40_1 + 0.75000 x_40_2 <= 0.81000
29 Recurso_01_3: 0.75000 x_40_1 + 0.75000 x_40_2 + 0.75000 x_40_3 <= 0.81000
30 Recurso_01_4: 0.75000 x_40_1 + 0.75000 x_40_2 + 0.75000 x_40_3 + 0.75000 x_40_4 <= 0.81000
31 Recurso_01_5: 0.75000 x_40_2 + 0.75000 x_40_3 + 0.75000 x_40_4 + 0.75000 x_40_5 + 0.75000 x_41_5 <= 0.81000
32 Recurso_01_6: 0.75000 x_40_3 + 0.75000 x_40_4 + 0.75000 x_40_5 + 0.75000 x_41_5 + 0.75000 x_41_6 <= 0.81000
33 Recurso_01_7: 0.75000 x_40_4 + 0.75000 x_40_5 + 0.75000 x_41_6 + 0.75000 x_41_7 + 0.74074 x_42_7 <= 0.81000
34 Recurso_01_8: 0.75000 x_40_5 + 0.75000 x_41_7 + 0.75000 x_41_8 + 0.74074 x_42_7 + 0.74074 x_42_8 <= 0.81000
35 Recurso_01_9: 0.75000 x_41_8 + 0.75000 x_41_9 + 0.74074 x_42_7 + 0.74074 x_42_8 + 0.74074 x_42_9 <= 0.81000
36 Recurso_01_10: 0.75000 x_41_9 + 0.74074 x_42_7 + 0.74074 x_42_8 + 0.74074 x_42_9 + 0.74074 x_42_10 <= 0.81000

```

Figura 31 - LP file

Após o problema ser formulado com todas as restrições, secção 2.2.4, é dado o comando para que o problema seja resolvido e para que todos os dados úteis para o utilizador sejam armazenados. A Figura 32 ilustra, de forma mais detalhada, todas as informações geradas no processo de resolução de uma QGC. Após ser encontrado o menor tempo em que a  $QGC_n$  é concluída, essa informação é armazenada, pois será o instante de tempo em que a  $QGC_{n+1}$  será iniciada. Por fim, todas as informações das atividades de início e de término são ajustadas para considerar os fins de semana existentes no período em que o projeto está a decorrer.

```

1 UFFLP version 3.2.0 over 32 bit Coin-Cbc 2.8 developed by Artur Alves Pessoa and delivered by Gapsso
2 Clp00331 Presolve took 0.00 seconds (total 0.00)
3 Clp00311 Matrix can not be converted into +- 1
4 Clp00091 Bounds were tightened 0 times
5 Clp10011 Initial range of elements is 0.66666667 to 41
6 Clp10021 Range of elements is 1e+050 to 0
7 Clp10021 Range of elements is 1e+050 to 0
8 Clp10031 Final range of elements is 0.35162476 to 1
9 Clp00221 Absolute values of scaled rhs range from 0.19134694 to 3.0166309, minimum gap 1e+100
10 Clp00201 Absolute values of scaled objective range from 9.8699283 to 9.8699283
11 Clp00211 Absolute values of scaled bounds range from 0.92916092 to 4.1540322, minimum gap 0.40527143
12 Clp00061 0 Obj 37 Primal inf 17.461199 (13)
13 Clp00061 12 Obj 38.1775
14 Clp00251 Looking optimal checking bounds with 1e+010
15 Clp00131 Going back to original objective
16 Clp00251 Looking optimal checking bounds with 1e+010
17 Clp00001 Optimal - objective value 38.1775
18 Clp00331 Dual took 0.00 seconds (total 0.00)
19 Clp00331 Postsolve took 0.00 seconds (total 0.00)
20 Clp00321 Optimal objective 38.1775 - 12 iterations time 0.002, Presolve 0.00
21 Cgl00031 4 fixed, 0 tightened bounds, 0 strengthened rows, 0 substitutions
22 Cgl00031 11 fixed, 0 tightened bounds, 14 strengthened rows, 0 substitutions
23 Cgl00031 0 fixed, 0 tightened bounds, 4 strengthened rows, 0 substitutions
24 Cgl00031 1 fixed, 0 tightened bounds, 18 strengthened rows, 0 substitutions
25 Cgl00031 4 fixed, 0 tightened bounds, 10 strengthened rows, 0 substitutions
26 Cgl00031 2 fixed, 0 tightened bounds, 0 strengthened rows, 2 substitutions
27 Cgl00031 0 fixed, 0 tightened bounds, 0 strengthened rows, 1 substitutions
28 Cgl00031 0 fixed, 0 tightened bounds, 8 strengthened rows, 0 substitutions
29 Cgl00031 0 fixed, 0 tightened bounds, 7 strengthened rows, 0 substitutions
30 Cgl00031 0 fixed, 0 tightened bounds, 5 strengthened rows, 0 substitutions
31 Cgl00031 0 fixed, 0 tightened bounds, 1 strengthened rows, 0 substitutions
32 Cgl00031 1 fixed, 1 tightened bounds, 0 strengthened rows, 1 substitutions
33 Cgl00031 0 fixed, 0 tightened bounds, 2 strengthened rows, 0 substitutions
34 Cgl00041 processed model has 22 rows, 12 columns (12 integer) and 104 elements
35 Cbc00091 Objective coefficients multiple of 1
36 Cbc00041 Integer solution of 40 found after 0 iterations and 0 nodes (0.01 seconds)
37 Cbc00011 Search completed - best objective 40, took 0 iterations and 0 nodes (0.01 seconds)
38 Cbc00351 Maximum depth 0, 0 variables fixed on reduced cost
39 Solution LOG:
40 x_39_1 = 1
41 x_40_1 = 1
42 x_41_5 = 1
43 x_42_7 = 1
44 x_43_34 = 1
45 x_44_37 = 1
46 x_45_40 = 1
47 z = 40
48

```

Figura 32 - Log file

É importante ressaltar que os arquivos em que são escritos o modelo e as informações sobre a resolução do problema são gerados apenas para acompanhamento do código, não sendo necessários para o funcionamento da ferramenta. Pode-se dizer que o acompanhamento desses arquivos serviu como forma de pré-validação da ferramenta. Assim, para o funcionamento da ferramenta não é necessário o uso desses arquivos, mas foram aqui descritos para auxiliar o leitor na compreensão dessa parte do código.

A Figura 33 sintetiza o processo descrito de otimização do *time schedule* do projeto. Por fim, como pode ser visto na referida figura, o processo de construção do cronograma do projeto é feito através de otimização de uma QGC e só quando é concluída passa para a QGC seguinte, ou seja, o processo de construção do cronograma é feito de QGC em QGC até que se tenha alcançado a última QGC. Com o objetivo de reduzir o tempo de realização de todo o processo de construção do *time schedule* do projeto, verificou-se que o *solver* conseguia resolver mais rápido, em instâncias menores, do que se a rede de atividades fosse processada para as 45

atividades de uma só vez. Então a rede de atividades do projeto foi segmentada em pequenas instâncias, por QGC's, para que fossem otimizadas, sendo que o instante de início da QGC sucessora seria o instante de término da QGC predecessora. Essa modificação não altera a minimização da duração do projeto, visto que ao chegar a QGC seguinte as atividades da QGC anterior devem ter sido consideradas. Essa alteração trouxe uma redução de tempo, de minutos para uma média de 35 segundos, no processo de construção de cronogramas em que é fornecida a solução ótima.

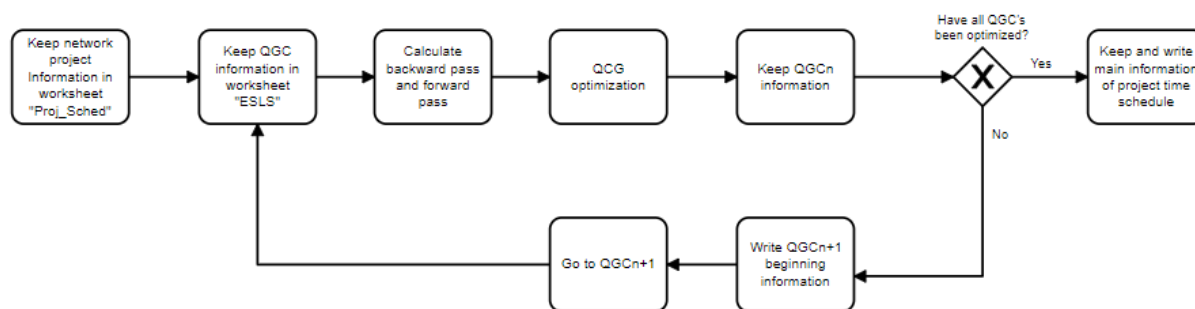


Figura 33 - Processo para gerar a solução ótima do cronograma do projeto

## 6.2.2 Modelo híbrido

O processo de criação do cronograma do projeto para a solução com o uso de um modelo híbrido desenvolvida no presente trabalho que baseia-se na mateurística *Fix-and-Optimize Variable Neighborhood Search* (VNS), ilustrada na Figura 61 no Apêndice 4, é iniciado ao gerar uma *baseline schedule*, da formulação matemática descrita na secção 2.2.4. Então a ferramenta verifica se há uma *due date* para a QGC para realizar a análise, e se é preciso comprimir ou diluir as atividades do projeto da solução inicial. Em caso de haver *due dates*, a ferramenta aplica o modelo híbrido.

No caso de haver uma coincidência, e a *due date* for igual à data de conclusão da QGC, não é gerado outro cronograma e o processo é encerrado. Logo o *time schedule* da QGC consegue atender as datas pré-estabelecidas e, portanto, a ferramenta passa para a próxima QGC. Caso a ferramenta não consiga construir um cronograma que atenda os prazos estabelecidos, a ferramenta gera um *warning* sugerindo que o utilizador introduza uma nova *due date* e o processo de criação do projeto é outra vez iniciado. No caso da *due date* ser diferente da data de conclusão da QGC, então a ferramenta identifica se é preciso comprimir ou diluir as atividades para que a *due date* coincida com a data de conclusão da QGC.

Como pode ser visto na Figura 60 do Apêndice 3, existe o subprocesso que executa o processo do modelo híbrido, o algoritmo que é utilizado para comprimir ou diluir as atividades do projeto. Embora se tenha a mesma lógica para comprimir ou diluir o *baseline schedule*, ambos

os processos serão descritos de forma separada devido às particularidades de cada processo. Para o caso de ser necessário comprimir as atividades, é inicialmente verificado o número de dias em que o *baseline schedule* precisará ser comprimido. Em seguida, são identificadas as atividades que fazem parte do caminho crítico da QGC que está a ser avaliada e dessas atividades é retirado um dia de cada atividade. No caso do número de dias que precisa ser reduzido ser menor do que o número de atividades que pertencem ao caminho crítico, ao chegar-se ao número de dias que precisa de ser reduzido, a ferramenta pára de retirar dias das atividades. No caso do número de dias que precisa ser reduzido ser maior que o número de atividades que pertencem ao caminho crítico, é retirado um dia de cada atividade e verificado outra vez quais as atividades que pertencem ao caminho crítico para então ser retirado outra vez o número de dias restantes para que o cronograma do projeto alcance a data determinada. Importa referir que conforme as atividades são comprimidas, o conteúdo de trabalho de cada atividade é mantido, ou seja, as atividades possuem uma duração menor e, consequentemente, um esforço maior para serem executadas. Também é importante mencionar que foi usada a regra que nenhuma atividade deve ultrapassar o valor de 0.8 (80%) de esforço diário, para acomodar um potencial risco de criação de um cronograma inexecutável. De facto, entender que mesmo que o conteúdo do trabalho seja mantido, os valores foram calculados para execução das atividades em condições normais e que ao comprimir essas atividades pode ser gerado um risco de criar-se um cronograma que na prática seja inexecutável.

Por outro lado, caso seja necessário diluir as atividades, é verificado o número de dias em que o *baseline schedule* terá que ser diluído para alcançar a data estabelecida. Depois, são identificadas as atividades que fazem parte do caminho crítico da QGC que está a ser avaliada e dessas atividades é acrescentado um dia a cada atividade. No caso do número de dias que precisa ser acrescentado ser menor do que o número de atividades que pertencem ao caminho crítico, ao chegar-se ao número de dias que precisa ser acrescentado, a ferramenta pára de acrescentar dias às atividades. No caso do número de dias que precisa ser acrescentado ser maior que o número de atividades que pertencem ao caminho crítico, é acrescentado um dia de cada atividade e verificado outra vez quais as atividades que pertencem ao caminho crítico para então ser acrescentado outra vez o número de dias restantes, para que o cronograma do projeto alcance a data determinada.



### 6.3 Método para Atribuição de Gestores de Projetos a um Projeto

Esta secção é destinada a descrever os conceitos e o cálculo desenvolvido para realização da recomendação dos gestores de projetos aos projetos e sua implementação. Para tal, serão primeiro apresentados os conceitos estatísticos que suportaram o desenvolvimento do método e a apresentação do método desenvolvido para realizar a recomendação. Em seguida, é realizada a descrição da implementação do sistema de recomendação na ferramenta.

#### 6.3.1 Conceitos estatísticos considerados e cálculo desenvolvido

Apesar dos conceitos utilizados para o cálculo desenvolvido serem simples, é importante mencioná-los e descrevê-los para clarificar o funcionamento do sistema de recomendação criado.

Os primeiros conceitos são de média e de desvio padrão, expressos em (18) e (19) respetivamente. A média, no caso em questão, foi considerada a média anual de alocação do gestor de projetos. Uma vez que o gestor de projetos possui férias (um mês por ano), a média não é dividida pelos doze meses, mas por onze meses, como descrito pela expressão (18). A referida expressão possui esse ajuste de modo a refletir que os projetos estão a ocorrer durante o ano inteiro, contudo os gestores de projetos (considerando o mês de férias) estão disponíveis para geri-lo apenas 11 meses e, assim, os cálculos devem considerar a real disponibilidade do PM, muito embora os projetos que ele gere ocorram durante todo o ano. Após o cálculo da média anual de alocação do gestor de projetos, é calculado o desvio padrão descrito pela expressão (19).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{t=1}^{12} \text{Alocação do gestor de projetos}_t}{11} \quad (18)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{12} (\text{Alocação do gestor de projetos}_t - \bar{X})^2}{(t - 1)}} \quad (19)$$

Por fim, é calculado o coeficiente de variabilidade, definido pelo rácio entre o desvio padrão ( $S$ ) e a média de alocação anual ( $\bar{X}$ ), descrito em (20). Esse coeficiente de variabilidade expressa o desvio que ocorre em relação à média, utilizado para comparar séries de dados que possuem unidades de medida diferentes (Keser, Kocakoç, & Şehirlioğlu, 2016). No presente trabalho, essa medida terá como função de peso sobre o desvio da amostra, ou seja, será a parte do ajuste para formulação da nova capacidade.

$$\text{Coef. de Variabilidade} = S/\bar{X} \quad (20)$$

Por fim, resta apresentar o cálculo que foi desenvolvido para o sistema de recomendação. Esse cálculo surge da necessidade da média não ser capaz de representar a quantidade de trabalho que realmente ocorre durante o ano para os gestores de projetos, devido aos *outliers*, ou seja, a média pode estar deslocada e não representar os dados (a real carga de trabalho no decorrer do ano do gestor de projetos). Essa era uma preocupação que havia para desenvolvimento do sistema de recomendação. Peck e Devore (2010) descrevem que as medidas de dispersão são sensíveis aos *outliers*, como ilustrado na Figura 34, dessa forma essas medidas poderiam incorrer numa falsa sensação de carga de trabalho do gestor de projetos.

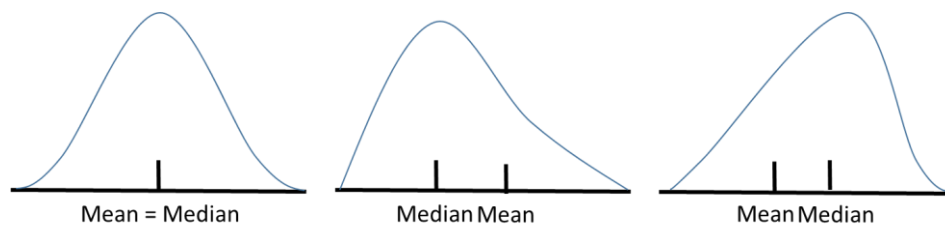


Figura 34 – Comparação entre media e mediana

Adaptado de Peck e Devore (2010)

Assim, o cálculo desenvolvido procura encontrar onde está a maior parte da amostra, para que assim seja verificado se a média precisa de ser ajustada com um valor de acréscimo ou decréscimo. O ajuste foi feito na forma de penalidade, entre o quanto a amostra se desvia da média e do coeficiente de variabilidade da amostra. O cálculo está descrito na expressão (21).

$$Cap2 = \bar{X} \pm (\text{Coef. de Variabilidade} * S) \quad (21)$$

Assim, a capacidade 2, Figura 35, é definida segundo um ajuste na média. Esse ajuste é dado pelo desvio padrão e o coeficiente de variabilidade previamente calculados. Portanto, o valor da média será acrescido se a maior parte da amostra se encontrar acima da média e decrescido se a maior parte da amostra se encontrar abaixo da média.

### 6.3.2 Implementação do sistema de recomendação

O sistema de recomendação que foi desenvolvido seguiu o processo como ilustrado na Figura 35. Os passos seguidos pelo código e, portanto, pela ferramenta são: na etapa *pool* identificam-se todos os gestores de projetos que são elegíveis, segundo os critérios de decisão escolhidos pelo utilizador; em seguida, na etapa capacidade 1, é criado um *array* segundo os critérios estabelecidos pelo utilizador com o uso da capacidade de cada gestor de projetos elegível; na terceira etapa,  $F(x)$ , são calculadas as médias e os desvios padrão de cada gestor de projetos, para então ser calculado o coeficiente de variabilidade de cada gestor de projetos; na etapa

capacidade 2 é identificado se a média da carga de trabalho do gestor de projetos é representativa, para então ser aplicado o ajuste na média e obter a nova capacidade do gestor de projetos; por fim, na etapa *Ranking List* é criada uma lista de ordem crescente, de acordo com as novas capacidades, para que o utilizador possa seleccionar o gestor de projetos que julgar mais conveniente.

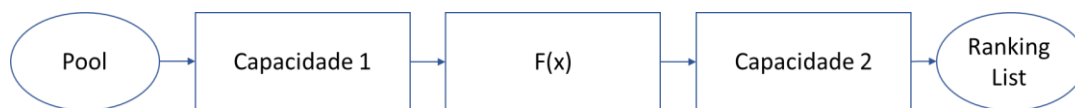


Figura 35 - Processo de recomendação dos projetos aos gestores de projetos

Em termos da sequência de etapas percorrida pelo código, o processo de recomendação ocorre no final do processo da construção do cronograma do projeto. Depois de introduzir os dados do novo projeto no *Userform* “New Project”, Figura 26, o utilizador escolhe a opção “Create and Recommend”. Então, após o utilizador verificar o cronograma do projeto, surge a lista de gestores de projetos que podem ser escolhidos para o novo projeto, segundo os critérios de decisão definidos pelo utilizador, como ilustrado Figura 36.

Classificação	Project Manager IV
Experience	5
Number of Projects	2
Annual Allocation	0,3
Capacity Ajusted + Project Allocation	0,5

Figura 36 - Project Manager Recommendation

É válido ressaltar que a recomendação não é feita de forma totalmente automática, pois segundo os gestores de portefólio entrevistados, para quem foi destinado o desenvolvimento da ferramenta, fora requerido que no fim do processo de recomendação surgisse um *ranking list* onde o utilizador pudesse escolher o gestor que melhor se encaixasse, considerando também outros critérios que estão além do uso da capacidade do novo projeto.

Como o processo de atribuição dos gestores de projetos a projetos não é um processo de decisão linear, devido à vasta quantidade de variáveis que podem surgir no decorrer deste processo,

sendo difícil serem mensuradas ou mesmo quantificadas, muitas vezes é necessário fazer uso de um pensamento holístico e do *know-how* do utilizador da ferramenta para a gestão dos portefólios existentes no setor. Contudo, o método desenvolvido procura ser um espelho muito próximo da realidade e procura conjugar as funcionalidades da ferramenta com as competências dos utilizadores para os quais a ferramenta foi desenvolvida (*Project Programme Managers* e *Project Portfolio Managers*) para facilitar a atribuição dos projetos aos gestores de projetos.

## 6.4 Overview Worksheet

Esta secção é destinada a apresentar cada *worksheet*, com a finalidade de auxiliar na compreensão do funcionamento da ferramenta. Sumariamente, pode-se dizer que a ferramenta usa 18 folhas de cálculo, sendo: cinco destinadas ao utilizador; dez para armazenamento das informações que servem de base para a ferramenta e análise dos dados do projeto; e, três para armazenamento de informações temporárias sobre os projetos que estão a ser criados para serem inseridos na *pool* de projetos.

Assim, será apresentado um *overview* da ferramenta, onde serão descritas as funções de cada *worksheet*. Em seguida, é detalhada a *worksheet* “Report” numa secção à parte, para explicar os gráficos construídos, assim como as informações que foram usadas para elaboração dos gráficos.

### 6.4.1 Overview da ferramenta

Como já mencionado na secção 6.1, a *worksheet* “Main” é a vista inicial da ferramenta. Nesta parte da ferramenta temos as principais funcionalidades, bem como a vista dos projetos e dos gestores de projetos existentes na ferramenta, como ilustrado na Figura 25. Esta parte da ferramenta possui os critérios de decisão para recomendação da afetação dos gestores aos projetos; os botões para atualizar, alterar o ano de referência e limpar as informações da ferramenta; e, o botão para dar início às funcionalidades principais da ferramenta. Uma vez que a descrição dessa parte da ferramenta foi já abordada e explorada na secção 6.1, que apresenta as funcionalidades da ferramenta, será dada continuidade à apresentação das *worksheets* seguintes.

Dando continuidade à apresentação da ferramenta, tem-se a *worksheet* nomeada de “PoolProj” onde se encontram todas as informações dos projetos já adicionados e consideradas no planeamento. Como pode ser visto na Figura 37, nessa parte têm-se as informações do projeto como o nome, a categoria, a data de início, a data de fim, de que centro de custo faz parte o

projeto (PMx), as informações que foram adicionadas sobre o projeto ou sobre alterações realizadas referente à duração ou ao esforço de alguma atividade para a construção do cronograma do projeto, as datas de início de cada QGC do projeto e o esforço (*headcount*) que o projeto requer em cada mês.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W			
1	Project Info										Due date															
2	ID	Name	Category	PjM	Start	End	PjM%	Info	QGC 00	QGC 01	QGC 02	QGC 03	QGC 04	QGC 05	Month 01	Month 02	Month 03	Month 04	Month 05	Month 06	Month 07	Month 08	Month 09	Month 10		
3	1	Projeto 001	A	Gestor 01	01/10/2020	01/10/2021	PM 01		30/04/2020	17/08/2020	20/11/2020	05/03/2021	16/04/2021	01/10/2021	0,22	0,21	0,34	0,08	0,31	0,52	0,32	0,20	0,23			
4	2	Projeto 002	D	Gestor 01	12/08/2020	07/07/2021	PM 01		04/11/2020			04/11/2021	17/02/2021	07/07/2021												
5	3	Projeto 003	B	Gestor 02	12/08/2020	13/05/2022	PM 02		10/12/2020	23/03/2021	02/07/2021	15/10/2021	26/11/2021	13/05/2022												
6	4	Projeto 004	C	Gestor 02	30/04/2020	17/08/2021	PM 02		31/07/2020	11/08/2020	03/11/2020	16/02/2021	30/03/2021	17/08/2021				0,12	0,15	0,08	0,20	0,22	0,13			
7	5	Projeto 005	C	Gestor 03	25/08/2020	12/10/2021	PM 03		25/09/2020	06/10/2020	23/12/2020	13/04/2021	29/06/2021	12/10/2021							0,10	0,14	0,15	0,07		
8	6	Projeto 006	C	Gestor 03	23/10/2020	15/02/2022	PM 03		23/01/2021	09/02/2021	04/05/2021	17/08/2021	28/09/2021	15/02/2022												
9	7	Projeto 007	D	Gestor 04	01/10/2020	25/11/2020	PM 02		25/03/2020			25/03/2020	08/07/2020	25/11/2020	0,09	0,08	0,12	0,21	0,15	0,08	0,06	0,07	0,07			
10	8	Projeto 008	D	Gestor 04	24/06/2020	13/05/2021	PM 02		16/09/2020			16/09/2020	30/12/2020	19/05/2021							0,06	0,09	0,08	0,20		
11	9	Projeto 009	D	Gestor 04	17/11/2020	12/10/2021	PM 02		09/02/2021			09/02/2021	25/05/2021	12/10/2021												
12	10	Projeto 010	A	Gestor 05	14/10/2020	14/10/2021	PM 03		13/05/2020	28/08/2020	03/12/2020	18/03/2021	23/04/2021	14/10/2021	0,18	0,28	0,21	0,25	0,17	0,50	0,48	0,08	0,35			
	<div><div>Main</div><div>Report</div><div>PoolProj</div><div>PoolPjM</div><div>ProjSchedule</div><div>Calc</div><div>Info_Proj</div><div>Info_Proj2</div><div>Info_Graf</div><div>ESLS</div><div>Info ...</div><div>+</div><div>-</div><div>←</div><div>→</div></div>																									

Figura 37 -Project Pool

A seguir tem-se a *worksheet* nomeada de “PoolPjM”, onde se encontram todas as informações dos gestores de projetos já adicionados na ferramenta. Como pode ser visto na Figura 38, é possível encontrar as informações do nome do gestor de projetos, o número de projetos que está a gerir, a alocação anual do gestor de projetos, o período em que está envolvido em algum projeto (colunas “From Date” e “To Date”), o nome dos projetos que está a gerir, o centro de custos a que o gestor de projeto está alocado e quanto o gestor está ocupado nos meses em que possui projetos a gerir.

ID	Name	Number of Projects	PjM Allocation	From Date	To Date	Projects	PjM X	Month 01	Month 02	Month 03	Month 04	Month 05	Month 06	Month 07	Month 08	Month 09	Month 10	Month 11	Month 12	Month 13	Month 14	Month 15
1	Gestor 01	2	0,35	01/01/2020	01/10/2021	Projeto 001, Projeto 002	PM 01	0,22	0,21	0,34	0,08	0,31	0,52	0,32	0,28	0,32	0,32	0,52	0,44	0,23	0,13	0
2	Gestor 02	2	0,23	30/04/2020	13/05/2022	Projeto 003, Projeto 004	PM 02				0,12	0,15	0,08	0,20	0,38	0,40	0,52	0,39	0,31	0,55	0,52	0
3	Gestor 03	2	0,13	25/06/2020	15/02/2022	Projeto 005, Projeto 006	PM 03						0,10	0,14	0,15	0,07	0,28	0,38	0,29	0,30	0,38	0
4	Gestor 04	3	0,19	01/01/2020	12/10/2021	Projeto 007, Projeto 008	PM 02	0,09	0,08	0,12	0,21	0,15	0,14	0,15	0,15	0,27	0,25	0,28	0,17	0,12	0,32	0
5	Gestor 05	1	0,30	14/01/2020	14/10/2021	Projeto 009, Projeto 010	PM 03	0,18	0,28	0,21	0,25	0,17	0,50	0,48	0,08	0,35	0,21	0,17	0,38	0,19	0,09	0

Figura 38 - Project Managers Pool

Na *worksheet* “ProjSchedule”, como ilustrado na Figura 39, têm-se as informações sobre o cronograma do projeto. Nessa parte da ferramenta estão todas as informações finais do novo projeto criado, como: o nome do projeto, a categoria do projeto, o tipo de vista escolhida para o gráfico, o gráfico do perfil de recursos do projeto, a duração do projeto (em dias, em semanas e em anos), a data de início de cada atividade, a data de fim de cada atividade e descrição de cada atividade.

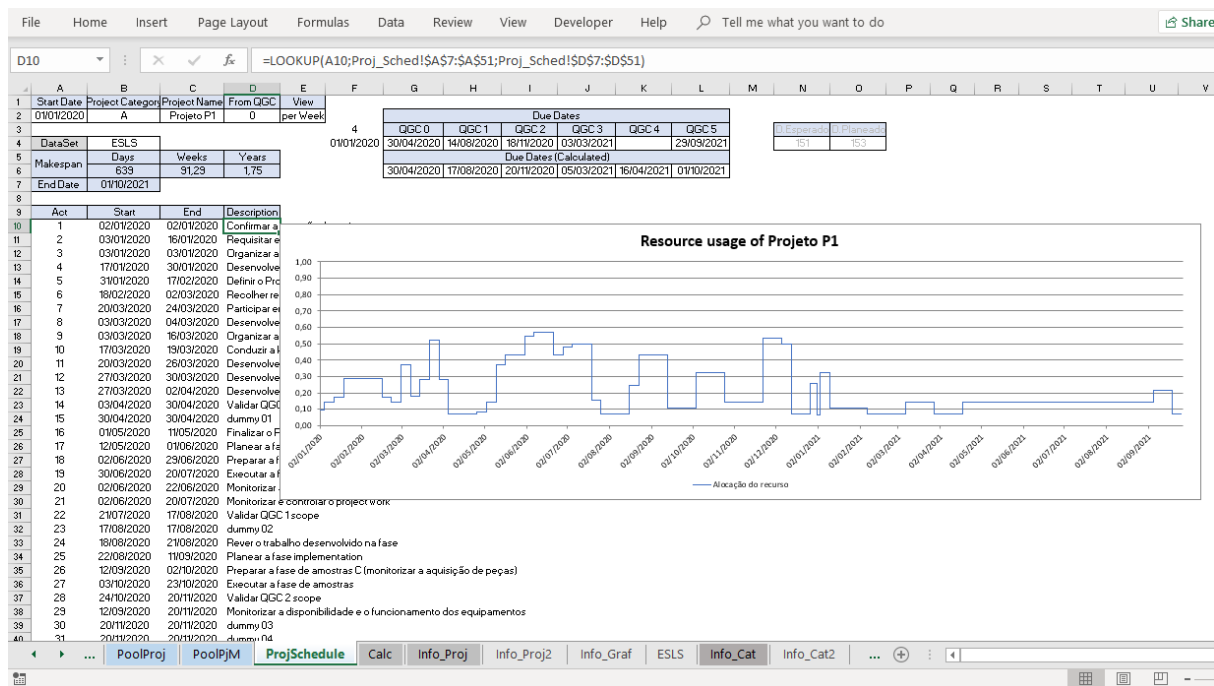


Figura 39 - Project Schedule

Sobre as *worksheets* restantes, todas possuem como principal finalidade a de armazenar as informações que servem de suporte para a construção do cronograma dos projetos, cálculo do *forward pass* e *backward pass*, informações sobre a rede de atividades e construção do gráfico de perfil de recursos. Por exemplo, na *worksheet* nomeada de “Info\_Cat”, ilustrada na Figura 40, encontram-se todas as informações sobre a duração das atividades e o esforço necessário para executá-las, segmentadas por categoria.

FileHomeInsertPage LayoutFormulasDataReviewDeveloperHelpTell me what you want to do

Recolher requisitos

Duration Activities (Days)				Effort for activities realization								
Act	QGC	Phase	Name	A	B	C	D	Act	A	B	C	D
1	QGC 0	00 Request	Confirmar a recepção do projeto	1	1	1	1	1	0,20	0,20	0,20	0,20
2	QGC 0	00 Request	Requisitar e formalizar os elementos da core team	10	10	5	5	2	0,20	0,20	0,10	0,2
3	QGC 0	00 Request	Organizar a core team	1	1	1	1	3	0,25	0,25	0,20	0,20
4	QGC 0	00 Request	Desenvolver o Project Charter	10	10	10	5	4	0,40	0,40	0,20	0,20
5	QGC 0	01 Preparation	Definir o Project Management Plan	12	12	12	5	5	0,40	0,40	0,20	0,10
6	QGC 0	01 Preparation	Recolher requisitos	10	10	5	5	6	0,20	0,20	0,10	0,05
7	QGC 0	01 Preparation	Participar em workshops PGL	3	3	0	0	7	0,80	0,80	0,00	0,00
8	QGC 0	01 Preparation	Desenvolver o Work Breakdown Struture (WBS)	2	2	1	1	8	0,70	0,70	0,70	0,50
9	QGC 0	01 Preparation	Organizar a Project Team	10	10	5	5	9	0,25	0,25	0,10	0,05
10	QGC 0	01 Preparation	Conduzir a kick-off meeting	3	3	2	1	10	0,30	0,30	0,25	0,25
11	QGC 0	01 Preparation	Desenvolver o time schedule	2	2	1	1	11	0,70	0,70	0,70	0,50
12	QGC 0	01 Preparation	Desenvolver o plano de comunicação	2	2	1	1	12	0,25	0,25	0,10	0,10
13	QGC 0	01 Preparation	Desenvolver o Risk Plan	5	5	5	5	13	0,40	0,40	0,20	0,10
14	QGC 0	01 Preparation	Validar QGC 0 scope	20	20	20	20	14	0,10	0,10	0,10	0,10
15	dummy 01	dummy 01	dummy 01	0	0	0	7	15	0	0	0	0,1
16	QGC 1	02 Conception	Finalizar o Project Magement Plan (PMP)	7	7	7	0	16	0,20	0,20	0,10	0,00
17	QGC 1	02 Conception	Planear a fase conception	15	15	0	0	17	0,60	0,60	0,00	0,00
18	QGC 1	02 Conception	Preparar a fase de amostras A e B (monitorizar a aquisição de amostras)	20	20	0	0	18	0,25	0,25	0,00	0,00
19	QGC 1	02 Conception	Executar a fase de amostras	15	15	0	0	19	0,40	0,40	0,00	0,00
20	QGC 1	02 Conception	Monitorizar a aquisição de equipamento	15	15	0	0	20	0,25	0,25	0,00	0,00
21	QGC 1	02 Conception	Monitorizar e controlar o project work	35	35	0	0	21	0,30	0,30	0,00	0,00
22	QGC 1	02 Conception	Validar QGC 1 scope	20	20	0	0	22	0,10	0,10	0,00	0,00
23	dummy 02	dummy 02	dummy 02	0	0	0	0	23	0	0	0	0
24	QGC 1	02 Conception	Rever o trabalho desenvolvido na fase	4	4	0	0	24	0,40	0,40	0,00	0,00

PoolProjPoolPMJProjScheduleCalcInfo\_ProjInfo\_Proj2Info\_GrafESLSInfo\_CatInfo\_Cat2

Figura 40 - Informações sobre duração e esforço para cada atividade de cada categoria

Após as informações do novo projeto serem inseridas, é identificada qual a categoria do projeto para que assim as informações sejam armazenadas sobre a rede de atividades do projeto, dispostas na *worksheet* “Info\_Cat”. As informações sobre a rede de atividades do novo projeto são armazenadas na *worksheet* “Proj\_Sched”, como ilustrado na Figura 41, que tem as informações sobre a duração de cada atividade, o esforço necessário para executar cada atividade, a descrição das atividades, o número de sucessores e o sucessor de cada atividade do projeto que será criado. Essas informações são utilizadas para as *worksheets* com as informações de cada QGC.

Act ID	Duration	UsoR1	Description	Nsuccessors	Successor1	Successor2	Successor3	Esj	Lsj	Slack Act
1	1	0,20	Confirmar a receção do projeto	2	2	3				0
2	10	0,20	Requisitar e formalizar os elementos da core team	1	4					0
3	1	0,25	Organizar a core team	1	4					0
4	10	0,40	Desenvolver o Project Charter	1	5					0
5	12	0,40	Definir o Project Management Plan	1	6					0
6	10	0,20	Recolher requisitos	3	7	8	9			0
7	3	0,80	Participar em workshops PGL	1	15					0
8	2	0,70	Desenvolver o Work Breakdown Struture (WBS)	1	11					0
9	10	0,25	Organizar a Project Team	1	10					0
10	3	0,30	Conduzir a kick-off meeting	1	11					0
11	2	0,70	Desenvolver o time schedule	2	12	13				0
12	2	0,25	Desenvolver o plano de comunicação	1	14					0
13	5	0,40	Desenvolver o Risk Plan	1	14					0
14	20	0,10	Validar QGC 0 scope	1	15					0
15	0	0,00	dummy 01	1	16					0
16	7	0,20	Finalizar o Project Magement Plan (PMP)	1	17					0
17	15	0,60	Planear a fase conception	3	18	20	21			0
18	20	0,75	Preparar a fase de amostras A e B (monitorizar a aquisição de peças)	1	19					0

Figura 41 - Informações sobre a categoria do novo projeto

As informações sobre cada QGC estão armazenadas em *worksheets* distintas. Na Figura 42 é possível ver como essas informações estão dispostas na ferramenta para a “QGC 4e5”. Importa referir que cada QGC possui as informações dispostas de igual modo, como ilustrado na referida figura. Nessas *worksheets* que armazenam informações sobre as QGC’s, têm-se as informações sobre o número de atividades, o instante de tempo máximo em que aquela QGC poderia ser concluída, o instante de tempo em que a QGC é iniciada e o instante de tempo em a QGC é concluída. Nas *worksheets* referentes às QGC’s ficam gravadas as informações que foram utilizadas sobre os possíveis inícios de cada atividade, a folga que cada atividade possui e a capacidade máxima disponível para consumo do recurso.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		nAct	nResour	nMaxSuc	TMax	T_Start	T_End		CPM					
2		7	1	3	588	427	637							
3														
4		CapResource	1											
5														
6	Act ID	Duration	UsoR1	UsoR2	UsoR3	UsoR4	Nsuccessor	Successor1	Successor2	Successor3	Esj	Lsj	Slack Act	
7	39	0	0				1	40			427	438	11	
8	40	15	0,2				1	41			427	438	11	
9	41	15	0,1				1	42			442	453	11	
10	42	100	0,2				2	43	44		457	468	11	
11	43	20	0,1				1	45			557	568	11	
12	44	10	0,2				1	45			557	578	21	
13	45	0	0				0				577	588	11	
14														
15														
16														
17														
18														
19														

Figura 42 - Informações sobre a QGC “4e5”

Depois das informações de base para a ferramenta estarem organizadas, são realizados os cálculos do *forward pass* e do *backward pass* na *worksheet* de nome “ESLS”, Figura 43. Nessa parte da ferramenta, as informações sobre cada QGC são transferidas separadamente e consecutivamente, por exemplo, as informações sobre a QGC 01 são copiadas para a *worksheet* “ESLS”, para realizar os cálculos dos possíveis inícios de cada atividade e o cálculo da menor duração possível através do método do caminho crítico.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1		nAct	nResour	nMaxSuc	TMax	Início	CPM	Instance															
2		7	1	3	588	427	577,00	QGC4e5															
3																							
4		CapResource	1																				
5																							
6	Act ID	Duration	UsoR1	UsoR2	UsoR3	UsoR4	Nsuccessor	Successor1	Successor2	Successor3	Esj	Lsj	Slack	act	Esj	Efj	Lsj	Lfj	nPred	Ant1	Ant2	Ant2	
7	39	0,00	0,00				1	40			427	438	11	39	427,00	427,00	438,00	438,00	0				
8	40	15,00	0,20				1	41			427	438	11	40	427,00	442,00	438,00	453,00	1	39			
9	41	15,00	0,10				1	42			442	453	11	41	442,00	457,00	453,00	468,00	1	40			
10	42	100,00	0,20				2	43	44		457	468	11	42	457,00	557,00	468,00	568,00	1	41			
11	43	20,00	0,10				1	45			557	568	11	43	557,00	577,00	568,00	588,00	1	42			
12	44	10,00	0,20				1	45			557	578	21	44	557,00	567,00	578,00	588,00	1	42			
13	45	0,00	0,00				0				577	588	11	45	577,00	577,00	588,00	588,00	2	43	44		
14											0	0	0	0									
15											0	0	0	0									

Figura 43 - Informações do cálculo do forward pass e backward pass

Após os cálculos do *forward pass* e *backward pass* da QGC, ocorre o processo em que de facto se cria o cronograma do projeto, como já descrito na secção 6.2.1. Após a criação do cronograma do projeto, as informações são novamente reunidas na *worksheet* “ProjSchedule”, como ilustrado na Figura 41.

As *worksheets* “Report” e “Calc” serão detalhadas na secção *DashBoard*, dada a necessidade de esclarecer alguns cálculos utilizados para a construção dos gráficos, bem como o significado de cada gráfico.



#### 6.4.2 Dashboard

Como pode ser visto na Figura 25, uma das opções da ferramenta é o “Sector Overview”. Aí encontram-se os gráficos e as informações importantes que facilitam o processo de tomada de decisão do utilizador, referente à gestão de capacidades do setor.

Na *worksheet* “Report” estão reunidos todos os gráficos. Os gráficos circulares fazem referência à quantidade de projetos, segmentado por categoria (A, B, C e D), por centro de custo (PM 01, PM 02 e PM 03) e por gestor de projetos.

Dos gráficos de barras, o “Counting” informa a quantidade de projetos e de gestores de projetos inseridos na ferramenta. O gráfico “PjM Allocation” informa a alocação de cada gestor de projetos no decorrer do ano vigente, considerado pela ferramenta.

Os gráficos “Capacity Utilization” e “Capacity Utilization by sector” possuem a mesma lógica e para construção desses gráficos usam-se as fórmulas de capacidade total disponível, do uso da capacidade e do número de PjM, descritas pelas expressões (22), (23), (24) e (25), respetivamente. Esses gráficos possuem a função de ilustrar o nível de alocação do setor, no caso do gráfico “Capacity Utilization”, e ver o nível de alocação por centro de custo (PM01, PM02 e PM03), no caso do gráfico “Capacity Utilization by sector”, como ilustrado na Figura 44.

$$Uso PM_x = \sum_{x=1}^3 PM_x \quad (22)$$

$$Capacidade total disponível = Número de PjM * 100\% \quad (23)$$

$$Uso da Capacidade = \frac{Uso PM_x}{Capacidade total disponível} \quad (24)$$

$$Número de PjM = \frac{Uso PM_x}{100\%} \quad (25)$$

Convém ressaltar que no gráfico “Capacity Utilization” é possível verificar três tipos de capacidade, como ilustrado na Figura 44. A primeira opção é a “real”, que representa a utilização real da capacidade, ou seja, são considerados o número de projetos e o número de gestores de projetos que realmente se tem. A segunda opção é a “sugerida”, que é a capacidade segundo o número ideal de gestores de projetos, dada a quantidade de projetos que foram inseridos. Nessa segunda opção a capacidade é sempre calculada quando um novo projeto é inserido, de forma a que o uso da capacidade, em qualquer instante de tempo, considerado no horizonte de planeamento, não ultrapasse o nível de 100% da capacidade. A terceira opção é a “simulação”, onde o utilizador pode testar possíveis cenários de uso da capacidade, se houvesse mais ou menos gestores de projetos.

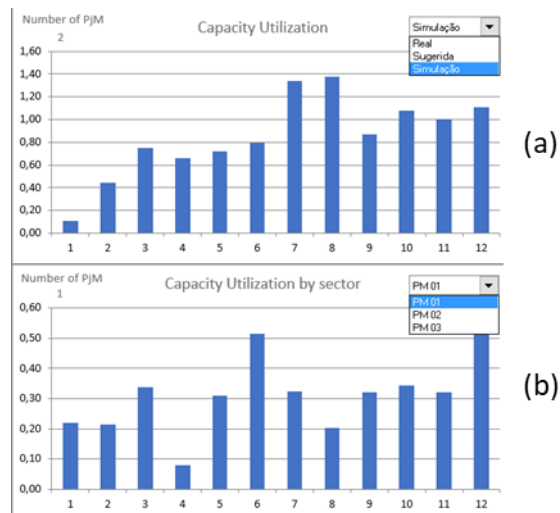


Figura 44 - Possibilidades de vistas dos gráficos “Capacity Utilization” (a) e “Capacity Utilization by sector” (b)

Ainda sobre os gráficos da *worksheet* “Report”, resta comentar sobre os gráficos “Number of PjM” e “Number of PjM by sector”. Esses dois gráficos procuram ilustrar a quantidade de gestores de projetos necessários em cada instante de tempo do ano considerado pela ferramenta. Ou seja, esses dois gráficos procuram responder à questão: dada a quantidade de projetos que estão a ocorrer num dado período de tempo, quantos gestores de projeto seriam necessários, para que a capacidade não ultrapassasse os 100%. Todos os gráficos da *worksheet* “Report” estão ilustrados na Figura 45.

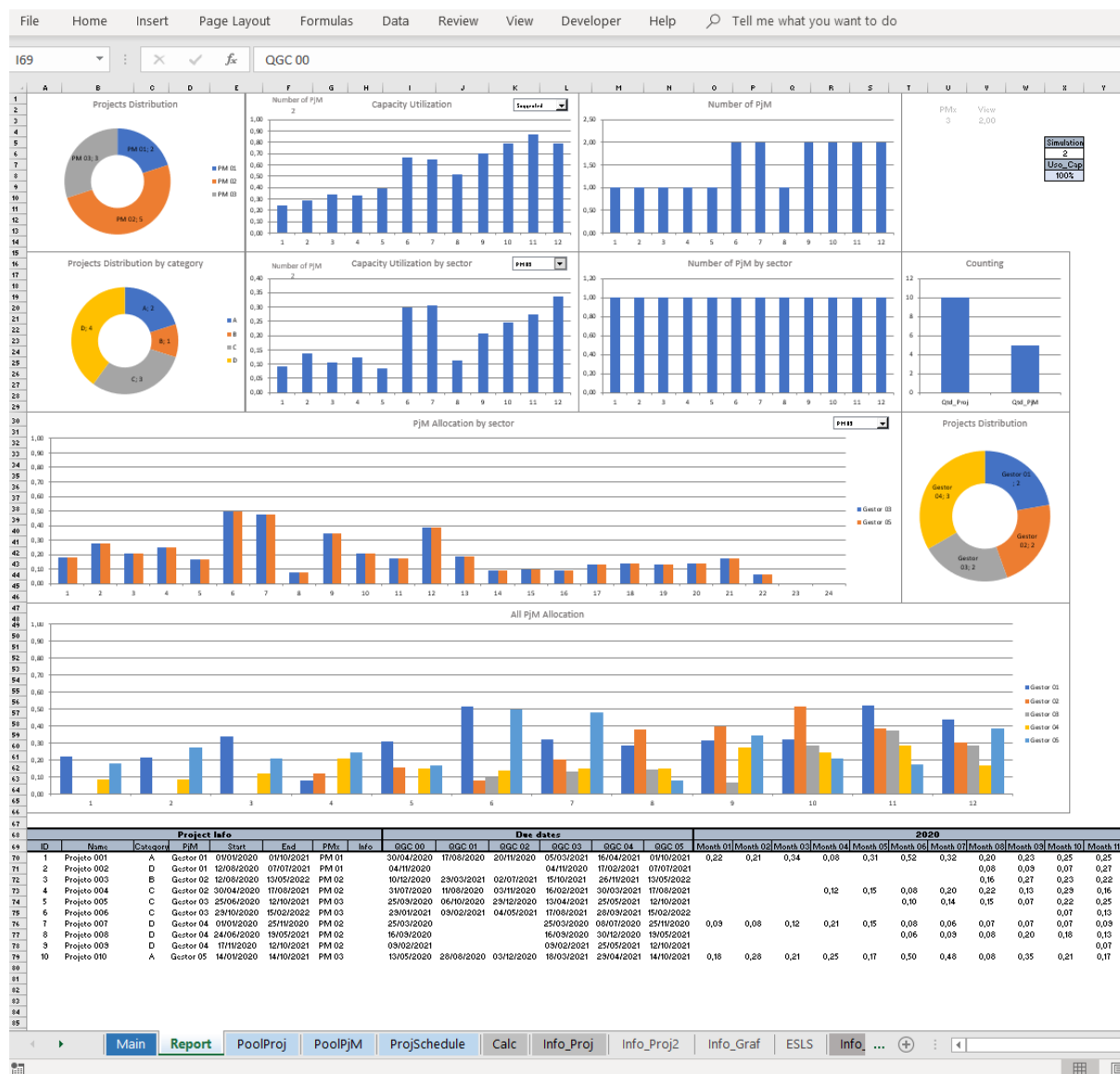


Figura 45 – Report

Dessa forma, os gráficos da *worksheet* “Report” possuem como objetivo principal ajudar no processo de tomada de decisão, de modo a atenuar a flutuação da quantidade de trabalho existente no decorrer de um ano e a capacidade suportada pelo setor, consonante com a quantidade de projetos considerados no planeamento. O conceito que suportou a construção dos gráficos, bem como os cálculos envolvidos, está relacionado com o conceito de *Capacity Utilization Rate* (CUR). Este conceito é largamente utilizado para mensurar e para verificar o nível de *overcapacity*, ou seja, a ideia principal do uso da CUR relaciona-se com o rácio entre o *output* atual e o *output* potencial, o que permite identificar quanto dos recursos disponíveis estão envolvidos em produzir algo (Corrado & Matthey, 1997; Wang, Wan, Song, & Liu, 2019). Essa medida de eficiência operacional (capacidade produtiva) é utilizada em contextos fabris, empresariais e económicos (Osigwe & Obi, 2015).

Todos os dados e os cálculos realizados, que são utilizados nos gráficos da *worksheet* “Report”, estão na *worksheet* “Calc”. Como ilustrado na Figura 46, é nessa *worksheet* que estão todas as informações que são resultado do funcionamento da ferramenta. A *worksheet* “Report” serve de base para a construção do relatório.

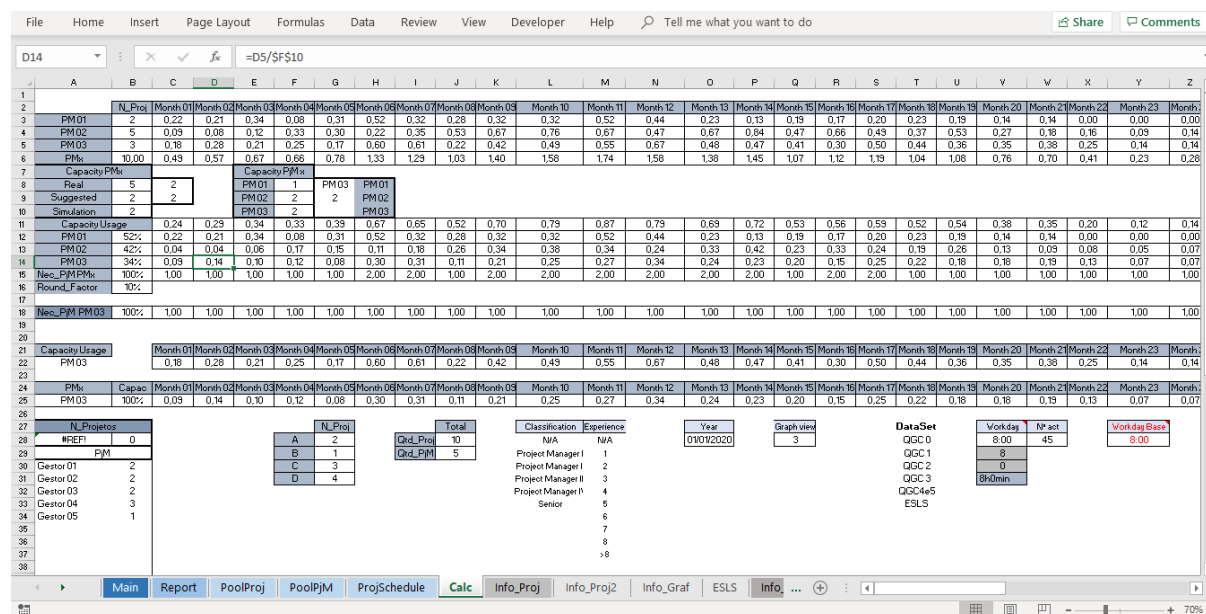


Figura 46 - Informações sobre os cálculos para o Dashboard

## 6.5 Validação da ferramenta desenvolvida

Esta secção é destinada a descrever o processo de validação da ferramenta, sendo primeiro destacada a validação das funcionalidades e o processo realizado para chegar às funções desejadas da ferramenta. Em seguida, será descrito o “comportamento” da ferramenta, no que se refere à construção de cronogramas.

### 6.5.1 Validação das funcionalidades da ferramenta

Quanto às funcionalidades da ferramenta, o investigador fez uso de técnicas de observação, recolha e análise documental, e entrevistas, para elaboração de uma versão inicial da ferramenta. Dessa forma, numa versão inicial da ferramenta, o investigador concentrou-se nos aspetos, que após a aplicação das técnicas descritas, julgou serem cruciais para a ferramenta. Assim, na versão inicial, a ferramenta possuía uma quantidade menor de funcionalidades do que as descritas na secção 6.1. Em termos de aspetos visuais, a ferramenta não possuía: informação sobre a quantidade de horas consideradas num dia de trabalho (*working time per day*); as informações sobre as *due dates* do projeto; e, o gráfico “PjM Allocation by sector” da *worksheet* “Report”. Em termos funcionais, também não existiam as opções de alterar a

quantidade de horas consideradas num dia de trabalho, poder alterar o ano considerado pela ferramenta, escolher qual a capacidade máxima de alocação do recurso ao projeto e a opção de inserir *due dates* aos projetos.

Importa referir que a versão inicial da ferramenta, relativa à parte de construção de cronogramas, tinha apenas a possibilidade de inserir a data de início do projeto e a ferramenta calcularia qual seria o menor tempo em que o projeto seria concluído, respeitando as restrições de uso do recurso. Ou seja, o utilizador não possuía controlo sobre a duração das QGC's e, portanto, do projeto. Apenas era assegurada a construção de cronograma no menor tempo possível, sem utilizar mais do que o recurso poderia oferecer.

Após a versão inicial da ferramenta ser concluída, usou-se o método de grupos de foco, com os potenciais utilizadores da ferramenta, a fim de verificar se a ferramenta possuía os requisitos necessários para auxiliar na gestão de capacidades de portefólio de projetos e, então, desenvolver a versão final da ferramenta.

Este grupo de foco, com o intuito de captar a maior quantidade de informações possível, foi estruturado em duas partes. A primeira parte consistiu numa apresentação da ferramenta. A segunda parte constou de uma sessão aberta a esclarecimento de dúvidas e a sugestões de melhoria da ferramenta apresentada. Ressalta-se que nessa segunda parte do grupo de foco, a interação entre os participantes permitiu uma maior objetividade na recolha dos resultados, dado que as melhorias apontadas foram retiradas de forma a obter-se um consenso entre os participantes.

Assim, é possível sumariar os pontos de melhoria da ferramenta destacados no grupo de foco da seguinte forma:

- a) Deve contemplar um horizonte de planeamento de 5 anos e não de 3 anos;
- b) Devem-se apagar as informações dos projetos que não estão mais em curso;
- c) Devem-se inserir *due dates* para cada QGC;
- d) Deve ser possível alterar a quantidade base de horas de trabalho num dia;
- e) Deve ser possível alterar o ano de planeamento;
- f) Deve ser possível aumentar ou reduzir a quantidade de atividades de um projeto;
- g) Inserir um gráfico que permita visualizar a alocação anual de um setor.

Sendo assim, dado o tempo útil para concluir a pesquisa e os pontos de melhoria identificados, o investigador mais uma vez optou por se concentrar no que seriam as principais funcionalidades da ferramenta e cruciais para versão final.

Dessa forma, como já descrito nas secções 6.1 e 6.2, para a versão final da ferramenta foi possível implementar as *due dates* entre as QGC's (c), alterar a quantidade base de horas num dia de trabalho (d), alterar o ano a ser considerado pela ferramenta (e) e o gráfico que permitisse visualizar cada centro de custo de forma individual (g). No entanto, as sugestões de melhoria da ferramenta possuir um horizonte de planeamento de 5 anos (a), de apagar as informações dos projetos que não estão mais em curso (b) e de aumentar ou reduzir o número de atividades de um projeto (f) não foi possível de implementar e são no capítulo 7 apontadas como sugestões de melhoria e trabalhos futuros.

### 6.5.2 Validação dos outputs da ferramenta

Esta secção destina-se a demonstrar os resultados obtidos pela ferramenta para a gestão de capacidades. Uma vez que as funcionalidades já foram comentadas em parágrafos anteriores, nesta secção serão destacados os resultados da construção de cronogramas da ferramenta e as possíveis análises que os gráficos da ferramenta permitem fazer.

Antes de descrever a validação desses dois aspetos, e com o intuito também de justificar a escolha desses dois *outputs* para validação da ferramenta, é preciso ressaltar a forte relação entre a gestão de capacidades e o escalonamento de projetos, no contexto do qual o presente trabalho ocorre. Uma vez que a construção de cronogramas dos projetos possui o objetivo de fazer uso do recurso (o PjM que fará a gestão do projeto) sem que ocorra *overcapacity*, o que resulta num *time schedule* exequível, permite um melhor aproveitamento do número de *headcounts* no setor de MFE da Bosch CM. Ou seja, uma vez que a alocação dos projetos possui uma melhor distribuição e com um tempo de conclusão adequado (o menor possível ou que respeite as *due dates* do projeto), o setor poderá ter um melhor aproveitamento dos seus recursos (os gestores de projetos) e atenuar as flutuações de quantidade de trabalho no decorrer ano.

#### Construção de cronogramas

Uma vez que a construção do cronograma do projeto já foi explicada na secção 6.2, será agora descrito o comportamento da ferramenta na inserção de novos projetos no que se refere ao tempo e às limitações para construção do *time schedule* dos projetos.

No que se refere ao tempo, quando se trata de soluções sem as *due dates*, todo o processo de construção de cronograma do projeto (isto é, encontrar o *makespan* do projeto e fazer o ajuste das datas, considerando os fins de semana) a ferramenta consegue realizar o processo num tempo razoável, como pode ser observado na Figura 47, com uma média 35,56 segundos para criar o *time schedule* do projeto, podendo variar de acordo com a categoria do projeto.

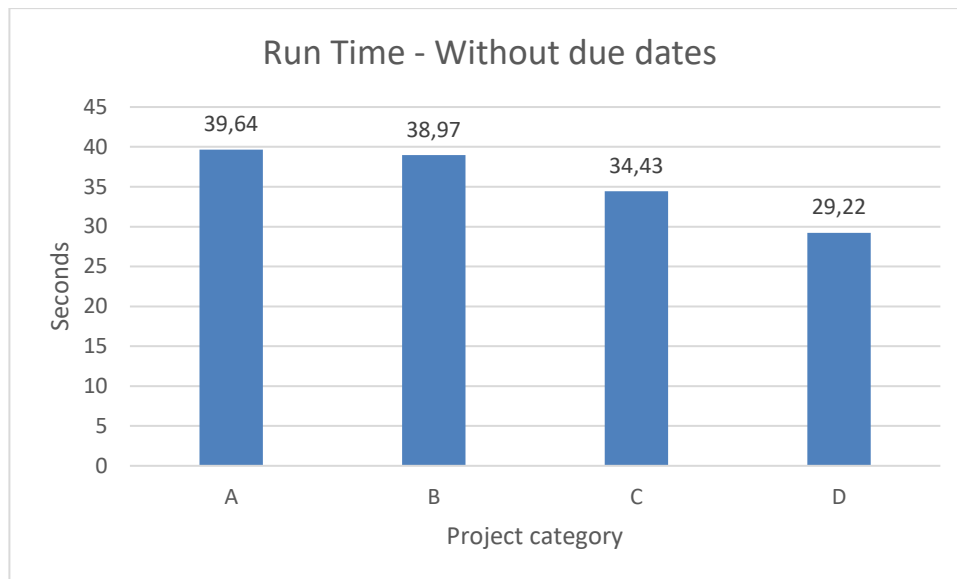


Figura 47 – Gráfico run time without due dates

Apesar do desempenho razoável no caso dos projetos sem *due dates*, ao vermos o caso de projetos com *due dates* (Figura 48) há uma considerável mudança no tempo de construção de cronograma do projeto. Para o caso de haver necessidade de comprimir as atividades do projeto, realizaram-se testes para verificação do tempo de construção do cronograma do projeto para o pior cenário, ou seja, cada QGC a ser comprimida ao máximo que o algoritmo desenvolvido conseguisse. Apesar dos valores estabelecidos para as durações dos projetos não demonstrarem a realidade comum dos projetos geridos na empresa, com o intuito de explorar a ferramenta, no pior cenário adotaram-se esses valores para testes de validação.

Como pode ser observado na Figura 48, no cenário de ser preciso comprimir o projeto, a ferramenta possui uma média de 2,81 minutos (168,70 segundos) para criar o cronograma do projeto. Este é um tempo que ainda é considerado aceitável, contudo do ponto de visto prático torna-se um tanto inadequado, uma vez que a ferramenta deverá receber uma quantidade razoável de projetos.

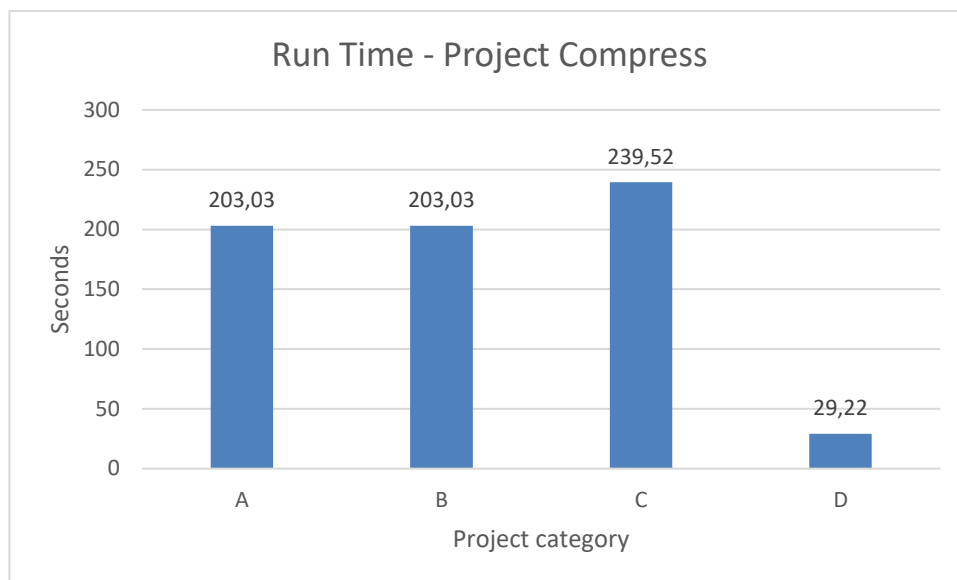


Figura 48 – Gráfico run time project compress

Como pode ser observado na Figura 49, no cenário de ser preciso diluir o projeto, a ferramenta possui uma média de 4,27 minutos (256,08 segundos) para criar o cronograma do projeto. Um ponto importante do referido gráfico é que no cenário em que é necessário diluir as atividades do projeto, não foi explorado quanto o projeto conseguiria ser diluído, sendo que para a categoria D se procurou um cenário que explorasse um pouco mais o algoritmo, que resultou num tempo de 8,31 minutos (498,86 segundos). Este valor permitiu concluir que, para o caso de diluir as atividades, o tempo que a ferramenta leva para realizar o processo de diluir atividades está ligado a quão longe a *due date* está da data do *baseline schedule*.

Dessa forma vê-se que embora se obtenha uma boa solução na construção dos cronogramas, possuindo um processo que opera de forma intercalada com a solução ótima e ajustes para construção de novos cenários, a fim de se chegar ao melhor *time schedule* diante das condições requeridas, a ferramenta é suficiente para realizar essa função. Contudo, do ponto de vista prático são necessárias melhorias na parte de comprimir e, principalmente, diluir as atividades do projeto, de modo a conseguir obter soluções num tempo mais adequado.



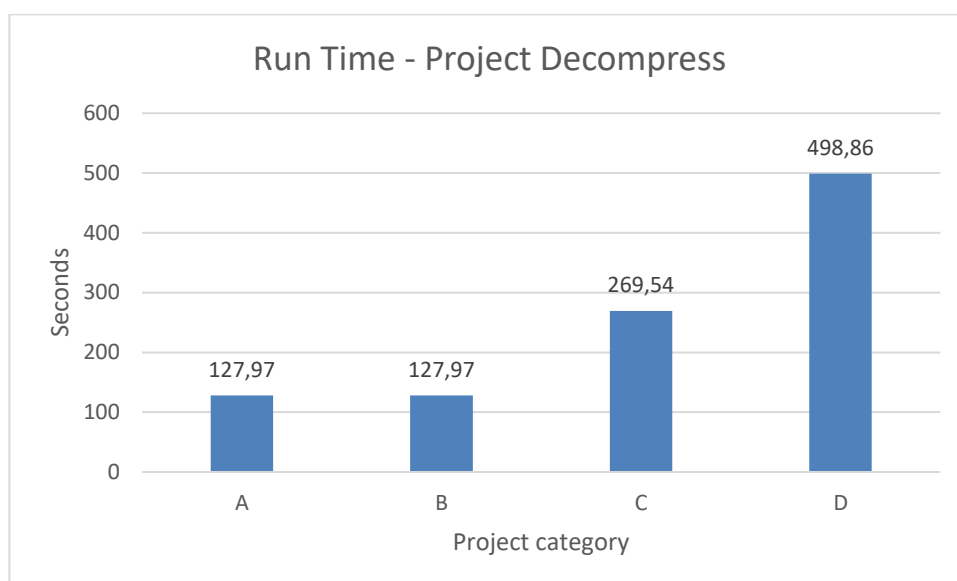


Figura 49 – Gráfico run time project decompress

#### Análise de cenário (Dashboard)

Na secção 6.4.2 foi descrito e explicado o conceito que há por trás de cada gráfico. Uma vez que os gráficos que a ferramenta contém já foram abordados, para validação dos gráficos será feita uma análise de cenário. Nesta secção será nomeado de cenário teste, sobre os projetos e os gestores de projetos existentes na ferramenta, para perceber como o relatório criado pela ferramenta permite entender o *status* (uso da capacidade) do setor.

Os gráficos “Counting” e “Projects Distribution” fornecem uma perceção inicial da quantidade dos projetos e gestores de projetos, bem como a distribuição dos projetos por centros de custo. Como pode ser visto na Figura 50, no cenário teste existem um total de 10 projetos e 5 gestores de projetos. Também é possível ver que o centro de custo “PM 02” é o que possui a maior quantidade de projetos, podendo ser o centro de custo que mais contribui para a situação do setor.

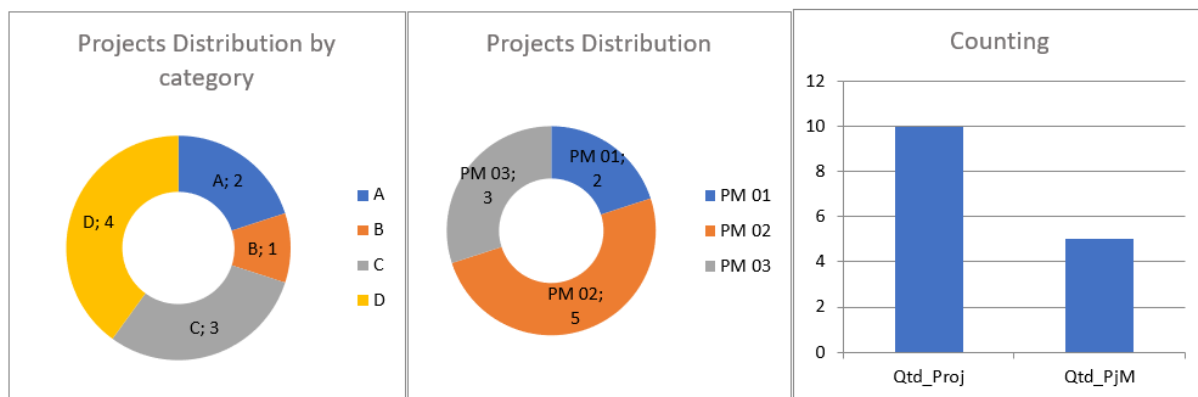


Figura 50 - Gráficos “Projects Distribution by category”, “Projects Distribution” e “Counting” no cenário teste

Ao olharmos o gráfico “Capacity Utilization” e selecionarmos a opção “Real”, como ilustrado na Figura 44, aparecerá o gráfico como ilustrado na Figura 51 e poderemos ver que o setor faz um uso muito abaixo da sua capacidade. Ou seja, o setor no início do ano está a operar apenas a 10% da sua capacidade e o mês com maior quantidade de trabalho opera a 35% da sua capacidade. Ao olharmos para o gráfico “Number of PjM” vemos que no decorrer do ano, dada a quantidade de projetos existentes, seria necessário um número de dois gestores de projetos (PjM) para gerir todos os projetos considerados pela ferramenta ou que o setor poderia receber novos projetos sem qualquer preocupação com a capacidade.

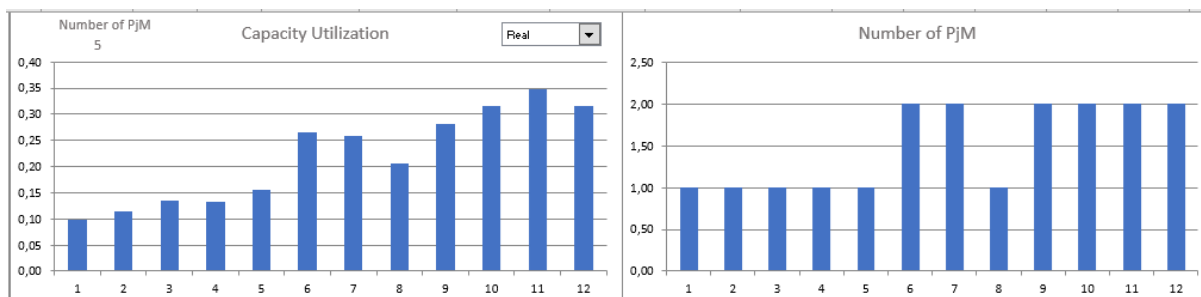


Figura 51 - Gráficos “Capacity Utilization” e “Number of PjM” no cenário teste

Os gráficos já mencionados auxiliam na identificação da percepção da situação do sector em relação à sua capacidade. Uma vez que a situação foi identificada, resta-nos saber qual dos centros de custo é que mais afeta o setor, ou seja, qual o centro de custos que contribui mais para a situação identificada. Os gráficos “Capacity Utilization by sector” e “Number of PjM by sector”, como ilustrado na Figura 52, podem ajudar na identificação de qual o centro de custos que está a ter o melhor aproveitamento da sua capacidade. De acordo com a referida figura, é possível ver que o centro de custos de “PM 02”, para o ano inteiro, dados os projetos que possui, precisaria apenas de um gestor de projetos para o centro de custos ou que poderia receber mais projetos que não acarretaria em problemas de capacidade.

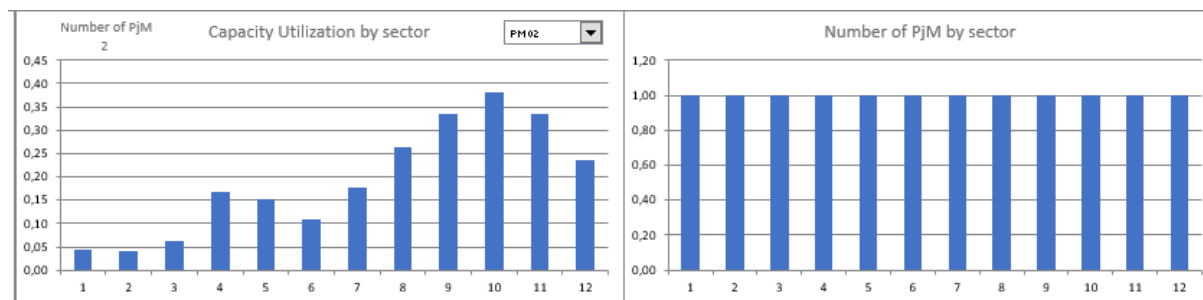


Figura 52 - Gráficos “Capacity Utilization by sector” e “Number of PjM by sector” no cenário teste

Dado que no cenário teste não há uma quantidade de gestores de projeto elevada, são apenas cinco gestores considerados no presente exemplo, podemos ver a alocação dos gestores de projetos pelo gráfico “All PjM Allocation”, como ilustrado na Figura 53. Vê-se que, no cenário teste, há gestores de projetos que possuem projetos para gerir durante o ano inteiro, há gestores de projetos que não possuem projetos no início do ano (assim como, outros que possuem apenas no final do ano) e vê-se a flutuação da quantidade de trabalho que está ligada ao início dos projetos no decorrer do ano.

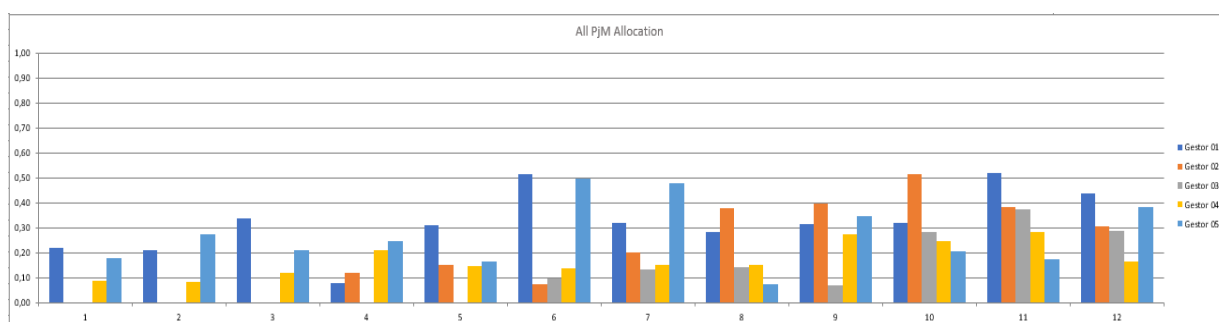


Figura 53 - Gráficos “All PjM Allocation” no cenário teste

Embora a ferramenta possua um cálculo para a recomendação da quantidade de gestores de projetos que seriam necessários, dada a quantidade de projetos considerados pela ferramenta, sem que ocorra *overcapacity* em nenhum instante de tempo durante o ano, como pode ser visto na Figura 44 (opção “Sugerida” para o gráfico “Capacity Utilization”), o investigador considera os cálculos de recomendação do número de gestores possui como objetivo de facilitar as possíveis tomadas de decisão que o utilizador possa precisar, sendo assim suporte para chegar a decisão final.

Esse cálculo é assim considerado, dado que muito embora pelos cálculos e pela quantidade de capacidade considerada de cada gestor de projetos, a ferramenta sugere como o número ideal de gestores de projeto, para os projetos inseridos, como sendo 2. No entanto, um olhar de alguém com mais experiência em gerir portefólios de projetos poderia sugerir que fosse mais

adequado ter 3 gestores de projetos, dada a quantidade de projetos e uma previsão de projetos que pudessem vir a chegar no decorrer do ano.

Por fim, destaca-se que a gestão de capacidades de um portefólio de projetos não é um processo linear, dado que informações externas à ferramenta, como o próprio *know-how* do utilizador, são informações difíceis de serem inseridas em cálculos matemáticos. Portanto, o relatório da ferramenta, apesar de fornecer a informação do número necessário de gestores de projetos para gerir os projetos considerados pela ferramenta, não tem apenas essa função, já que se entende que a sua maior utilidade está em guiar o utilizador no decorrer do processo de decisão.

## 7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Considerando que a gestão de um projeto possui um considerado nível de complexidade, a gestão do portfólio de projetos torna-se ainda mais difícil, pois para além da gestão do próprio projeto, é preciso considerar as relações que os projetos possam vir a ter entre si.

Dada essa complexidade, o presente trabalho foi motivado pela seguinte pergunta de investigação: **Que métodos e técnicas podem acrescer melhorias na gestão de capacidades, no contexto de projetos de industrialização?**

Como principal resposta para a pergunta de investigação, obteve-se uma ferramenta que atua nas duas grandes áreas da gestão de projetos, a área de gestão de cronograma e a área de gestão de recursos do projeto. A ferramenta visa construir cronogramas de projetos de modo a não trazer uma sobre-alocação aos gestores de projetos e a fornecer uma visão sobre todos os projetos que estão a ocorrer, no intuito de facilitar a perceção do gestor de portfólios nos processos de tomada de decisão relativos à gestão de capacidades, ou seja, a capacidade disponível (*headcounts*) para gerir os projetos que pertencem ao portfólio de projetos.

Para obter a resposta à pergunta de investigação, foi necessário delimitar objetivos específicos. Os próximos parágrafos descreverão como esses objetivos específicos foram alcançados.

O primeiro objetivo específico estabelecido foi o de **analisar a ferramenta anteriormente implementada e sugestão de possíveis melhorias**. Como descrito, o presente trabalho toma como ponto de partida estudos realizados anteriormente sobre gestão de capacidades na Bosch. Dessa forma, os documentos da própria organização sobre a gestão de projetos, bem como os trabalhos anteriormente realizados na organização que possuíam como objetivo contribuir para a gestão de capacidades em portfólios de projetos, foram a base para a construção da ferramenta e, também, para compreensão do contexto no qual a ferramenta estava a ser desenvolvida.

O alcance desse objetivo forneceu um ponto de partida para o presente trabalho, o que permitiu concentrar-se em contribuições práticas e métodos que fossem novos ao contexto da investigação, evitando assim que a pesquisa fosse repetitiva ou, mesmo, não trouxesse melhorias.

O segundo objetivo específico estabelecido foi **desenvolvimento das melhorias propostas**. Além dos documentos ligados aos trabalhos anteriormente desenvolvidos na organização, seja sobre gestão de projetos ou sobre gestão de capacidades de portfólios de projetos, toda a

revisão da literatura, que dá suporte ao presente trabalho, permitiu ao investigador construir um pensamento crítico sobre o tema e encontrar melhorias a serem acrescentadas na ferramenta. Também é possível citar o fato do investigador estar presente no contexto no qual a ferramenta foi desenvolvida, permitindo a criação de funções que contribuíam para adequar as suas funcionalidades ao que era esperado pelos utilizadores.

Em termos práticos, os gráficos apresentados na *worksheet* “Report”, como pode ser visto na Figura 45, e as funcionalidades da ferramenta, como descrito na secção 6.1, são atributos da ferramenta que colaboram para o funcionamento da ferramenta do ponto de vista do utilizador. No que se refere à própria ferramenta, os *inputs* necessários – também nomeados neste trabalho como parâmetros da ferramenta, como descrito no capítulo 5 – são informações que são base para o seu funcionamento. Destaca-se dessas informações a DLL UFFLP que permite a construção de cronogramas fazendo uso de modelos matemáticos para fornecer a solução ótima e que dá suporte ao modelo híbrido apresentado.

Também se ressalta o modelo híbrido desenvolvido, que é um modelo híbrido que faz uso formulação RCPSP apresentada 2.2.4 e técnicas de ajustes na vizinhança local para encontrar uma boa solução e que não ultrapasse a *due date*. A Figura 54 ilustra o caminho percorrido pelo modelo híbrido. Uma vez que fora identificado se o projeto precisa comprimir ou descomprimir as atividades para que a data de fim da QGC (EDc) seja igual a *due date* da QGC (DDp), o algoritmo verifica a diferença de dias entre a duração do caminho crítico do projeto (CPMd) e data de fim do projeto (EDc) e começa o processo de retirar ou acrescentar dias nas atividades que pertencem ao caminho crítico da QG (CPMactivities). Em seguida, o algoritmo faz o cálculo para uma nova duração (D2) o que resulta num novo esforço (E2) para aquela atividade. Essas alterações possuem como limites superior e inferior de esforço, respetivamente, 0,8 e 0,05, isso porque o cálculo de duração e de esforço para desenvolver as atividades do projeto foi feito para condições normais, ou seja, sem comprimir ou diluir as atividades. Estes valores resultaram do que investigador pôde observar e absorver das entrevistas realizadas, tendo-lhe parecido adequados. Uma vez que a duração do caminho crítico da QG (CPMd) é menor que a *due date* da QG (DDp) é calculado um novo *time schedule* para o projeto agora com novos valores de duração e de esforço das atividades que foram alteradas. Por fim, o código repetirá os ajustes até que o cronograma de atividades respeite a *due date*.

Compress	Decompress
1 Calculate schedule baseline and keep DDp EDc values	1 Calculate schedule baseline and keep DDp EDc values
2 Do	2 Do
3   If CPMd > DDp then	3   If CPMd << DDp then
4     For each i ∈ CPM activities Do	4     For each i ∈ CPM activities Do
5       Reduce CPM Activities Duration	5       Increase CPM Activities Duration
6       Calculate new effort (E2)	6       Calculate new effort (E2)
7       If E2 < 0.8 then	7       If E2 > 0.05 then
8         Keep E2 e D2	8         Keep E2 e D2
9       Else	9       Else
10       Keep previous duration and effort	10       Keep previous duration and effort
11   Else	11   Else
12     For each i ∈ CPM activities Do	12     For each i ∈ CPM activities Do
13       Reduce CPM Activities Duration	13       Increase CPM Activities Duration
14       Calculate new effort (E2)	14       Calculate new effort (E2)
15       If E2 < 0.8 then	15       If E2 > 0.05 then
16         Keep E2 e D2	16         Keep E2 e D2
17       Else	17       Else
18       Keep previous duration and effort	18       Keep previous duration and effort
19     Calculate new time schedule (DDp)	19     Calculate new time schedule (DDp)
20 While DDp > EDc	20 While DDp < EDc

Figura 54 - Developed hybrid model

Ainda no âmbito de melhorias desenvolvidas, um assunto que não tinha sido explorado foi o sistema de recomendação dos gestores de projetos aos projetos. O desenvolvimento do cálculo para análise da capacidade dos gestores de projetos e o *ranking* desses gestores, não só permite uma melhor distribuição da quantidade de trabalho segundo os requisitos do projeto, como também consegue traduzir de uma forma próxima da realidade a capacidade de cada gestor de projetos considerado pela ferramenta.

O terceiro objetivo específico estabelecido foi a **implementação e pré-validação da solução encontrada**. O alcance desse objetivo ocorreu durante toda a pesquisa, uma vez que os caminhos percorridos no processo de investigação nem sempre são lineares. Esse objetivo esteve presente sempre alinhado com os objetivos já descritos. De facto, cada ideia de melhoria que foi considerada no decorrer do processo de investigação foi testada em cenários específicos e por meio de entrevistas com profissionais da área de gestão de projetos, questionando se de facto deveriam ser implementadas na versão final da ferramenta. Algumas dessas ideias vieram a ser identificadas como melhorias, sendo a seguir incrementadas na ferramenta para a versão final, e outras ideias foram descartadas por não terem a consistência necessária para serem consideradas uma melhoria da ferramenta. A título de exemplo, os arquivos LP e de log estão ilustrados na Figura 31 e Figura 32.

O quarto objetivo específico estabelecido foi a **validação da ferramenta por meio de replicações em diferentes portefólios de projetos e ajuste final**. O alcance desse objetivo foi

feito por intermédio de várias análises de possíveis cenários na ferramenta, como descrito na secção 6.5.2.

Inicialmente foi testada a capacidade da ferramenta de construir cronogramas. Como foi visto, a ferramenta possui capacidade de fornecer uma solução ótima, bem como a partir dessa solução comprimir as atividades para que se tenha um cronograma num menor tempo, ou no caso de diluir as atividades, para distribuir as atividades do projeto durante o espaço de tempo estabelecido. Embora o processo de construção de cronogramas, dependendo da situação, possa levar um tempo acima do razoável, a ferramenta cumpre a função, muito embora, em termos práticos, haverá a necessidade de melhorias.

Em seguida foi verificado que, através do relatório, era realmente possível sintetizar e transmitir o *status* da capacidade do setor (sendo mais específico, se o número de *headcounts* era adequado à quantidade de projetos existentes) e fornecia caminhos para encontrar o que estava a colaborar para aquele cenário identificado.

O quinto objetivo específico estabelecido foi a **utilização dos resultados obtidos no contexto de gestão de projetos da Bosch**. Uma vez que as informações adotadas e os cenários utilizados para validação da ferramenta partiram de situações normais até à busca pelos limites que a ferramenta possui, em termos de cálculos e tempo computacional, e como está baseada nos dados de estudos realizados na própria empresa (como a rede de atividades, a duração e o esforço de cada atividade de cada categoria de projetos), os resultados foram considerados representativos do contexto de gestão de projetos Bosch.

Como a pesquisa não se esgota em si mesma, no decorrer do processo de investigação foram observados métodos e caminhos que acresceriam valor à ferramenta, bem como trariam uma maior robustez aos processos que ela realiza. Dessa forma, além de procurar responder à pergunta de investigação, o presente trabalho possui também como intenção apontar sugestões para trabalhos futuros.

Diante das limitações temporais que enquadraram o objeto de estudo da presente investigação, como desejáveis melhorias futuras em termos práticos, cita-se: implementar o horizonte de planeamento de cinco anos na ferramenta; a ferramenta identificar os projetos que ainda estão em curso e os que já acabaram, de modo a manter as informações dos projetos que ainda não acabaram; e, permitir a alteração da rede de atividades.

Para além das sugestões práticas, postulam-se as recomendações para futuras pesquisas como:



- Acrescer caminhos que tornem o processo de construção de cenários, seja de comprimir ou de diluir o cronograma dos projetos, com tempo mais rápido e com melhores soluções, através de incrementos de heurísticas ou meta-heurísticas que trabalhem nesse processo de construção de novos cenários de forma mais inteligente, de forma a melhorar o modelo híbrido utilizado.
- Introduzir melhoria no sistema de recomendação dos gestores de projetos, no que concerne à sugestão do menor número adequado de gestores de projetos (PjM) necessários para o portefólio de projetos, a fim de considerar os requisitos dos projetos também.
- Realizar ajustes nos aspetos visuais da ferramenta, como reduzir o número de *worksheets* que a ferramenta possui, a fim de tornar a ferramenta visualmente mais *clean*.
- Reescrever o código de alguns processos da ferramenta de forma a reduzir o tempo computacional e esforço realizado por esta, e, assim, otimizar o seu funcionamento.
- Testar no contexto prático e verificar as diferenças entre as decisões tomadas pelo método atual da empresa e as decisões suportadas pela ferramenta.

Assim, o presente trabalho procurou responder à pergunta de investigação colocada no capítulo inicial da presente dissertação, alcançar os objetivos específicos com o intuito de responder à pergunta de investigação e sugerir trabalhos futuros que não foram totalmente explorados no presente trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrantes, R., & Figueiredo, J. (2015). Resource management process framework for dynamic NPD portfolios. *International Journal of Project Management*, 33(6), 1274–1288. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.03.012>
- Accenture. (2015). Accenture to Acquire Gapso to Expand Its Advanced Analytics Capabilities in Brazil. Retrieved August 20, 2019, from <https://newsroom.accenture.com/subjects/analytics/accenture-acquisition-to-expand-advanced-analytics-capabilities-in-brazil.htm>
- Almeida, A. I. R. (2017). *MsC Dissertation, Master in Engineering Project - Customization of Industrialization Project Management Practices: developing a workbook*. Universidade do Minho.
- Amorim, R., Dias, B., Freitas, R., & Uchoa, E. (2013). A hybrid genetic algorithm with local search approach for E/T scheduling problems on identical parallel machines. In *Proceeding of the fifteenth annual conference companion on Genetic and evolutionary computation conference companion - GECCO '13 Companion* (p. 63). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2464576.2464616>
- An, N., Qiang, M., Wen, Q., Jiang, H., & Xia, B. (2019). Contribution of project managers' capability to project ending performance under stressful conditions. *European Management Journal*, 37(2), 198–209. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2018.04.001>
- Araújo, M. C. B. de, Alencar, L. H., & Mota, C. M. de M. (2017). Project procurement management: A structured literature review. *International Journal of Project Management*, 35(3), 353–377. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.01.008>
- Artigues, C., Brucker, P., Knust, S., Koné, O., Lopez, P., & Mongeau, M. (2013). A note on “event-based MILP models for resource-constrained project scheduling problems.” *Computers & Operations Research*, 40(4), 1060–1063. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2012.10.018>
- Atkinson, R. (1999). Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*, 17(6), 337–342. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00069-6)
- Ballesteros-Pérez, P., Larsen, G. D., & González-Cruz, M. C. (2018). Do Projects really end late? On the shortcomings of the classical scheduling techniques. *Journal of Technology and Science Education*, 8(1), 17. <https://doi.org/10.3926/jotse.303>
- Barafort, B., Shrestha, A., Cortina, S., & Renault, A. (2018). A software artefact to support

- standard-based process assessment: Evolution of the TIPA ® framework in a design science research project. *Computer Standards & Interfaces*, 60(April), 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.04.009>
- Barbosa, L. H. S., Gomes, C. F. S., & Chaves, M. C. C. (2017). Scheduling of agents in inbound multilingual call centers. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(2), 228. <https://doi.org/10.14488/bjopm.2017.v14.n2.a11>
- Barrios, A., Ballestín, F., & Valls, V. (2011). A double genetic algorithm for the MRCPSP/max. In *Computers and Operations Research* (Vol. 38, pp. 33–43). <https://doi.org/10.1016/j.cor.2009.09.019>
- Bilau, A. A., Witt, E., & Lill, I. (2018). Research methodology for the development of a framework for managing post-disaster housing reconstruction. In *Procedia Engineering* (Vol. 212, pp. 598–605). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.077>
- Borak, S., & Karl, W. (2010). *Matheuristics*. (V. Maniezzo, T. Stützle, & S. Voß, Eds.), *Media* (Vol. 10). Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1306-7>
- Bosch. (2017a). *Guiding You Through Industrialization Projects Management - The Workbook*.
- Bosch. (2017b). *MIPBoK - Guide for Project Management in Industrialization Projects*. Bosch Car Multimedia Portugal S.A.
- Bosch. (2018). A nossa empresa. Retrieved December 26, 2018, from <https://www.bosch.pt/a-nossaempresa/bosch-em-portugal/>
- Bosch. (2019a). Bosch Today, 50. Retrieved from [https://assets.bosch.com/media/global/bosch\\_group/our\\_figures/pdf/bosch-today-2019.pdf](https://assets.bosch.com/media/global/bosch_group/our_figures/pdf/bosch-today-2019.pdf)
- Bosch. (2019b). Facts and Figures: The Bosch Group at a glance. Retrieved June 27, 2019, from <https://www.bosch.com/company/our-figures/>
- Boschetti, M. A., Maniezzo, V., Roffilli, M., & Bolufé Röhlér, A. (2009). Matheuristics: Optimization, Simulation and Control. In M. J. Blesa, C. Blum, L. Di Gaspero, A. Roli, M. Sampels, & A. Schaerf (Eds.) (Vol. 5818, pp. 171–177). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-04918-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-04918-7_13)
- Bredillet, C., Tywoniak, S., & Dwivedula, R. (2015). What is a good project manager? An Aristotelian perspective. *International Journal of Project Management*, 33(2), 254–266. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.04.001>
- Bredillet, C., Tywoniak, S., & Tootoonchy, M. (2018). Exploring the dynamics of project management office and portfolio management co-evolution: A routine lens. *International Journal of Project Management*, 36(1), 27–42.

- <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.04.017>
- Bredin, K., & Söderlund, J. (2013). Project managers and career models: An exploratory comparative study. *International Journal of Project Management*, 31(6), 889–902. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.11.010>
- Brlečić Valčić, S., Dimitrić, M., & Dalsaso, M. (2016). Effective Project Management Tools for Modern Organizational Structures. *Journal of Maritime & Transportation Science*, 51(1), 131–145. <https://doi.org/10.18048/2016.51.09>
- Brucker, P., Drexl, A., Möhring, R., Neumann, K., & Pesch, E. (1999). Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods. *European Journal of Operational Research*, 112(1), 3–41. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00204-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00204-5)
- Calp, M. H., & Akcayol, M. A. (2018). Optimization of Project Scheduling Activities in Dynamic CPM and PERT Networks Using Genetic Algorithms. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 615. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.35437>
- Cano, J. L., & Lidón, I. (2011). Guided reflection on project definition. *International Journal of Project Management*, 29(5), 525–536. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.04.008>
- Cao, Q., & Hoffman, J. J. (2011). A case study approach for developing a project performance evaluation system. *International Journal of Project Management*, 29(2), 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.02.010>
- Chand, S., Singh, H., & Ray, T. (2019). Evolving heuristics for the resource constrained project scheduling problem with dynamic resource disruptions. *Swarm and Evolutionary Computation*, 44, 897–912. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2018.09.007>
- Chen, Z., Demeulemeester, E., Bai, S., & Guo, Y. (2018). Efficient priority rules for the stochastic resource-constrained project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 270(3), 957–967. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.04.025>
- Chirumalla, K. (2018). Managing Product Introduction Projects in Operations: Key challenges in heavy-duty vehicle industry. *The Journal of Modern Project Management*, 5(3), 108–118. <https://doi.org/10.19255/JMPM01512>
- Chirumalla, K., Jackson, M., Bruch, J., Andersson, N., & Löf, R. (2018). Exploring feedback loops in the industrialization process: A case study. *Procedia Manufacturing*, 25, 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.071>
- Conde, E. (2009). A minmax regret approach to the critical path method with task interval times. *European Journal of Operational Research*, 197(1), 235–242. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.06.022>

- Cooper, R. G. (2009). How Companies are Reinventing Their Idea-to-Launch Methodologies. *Research-Technology Management*, 52(2), 47–57. <https://doi.org/10.1080/08956308.2009.11657558>
- Corrado, C., & Matthey, J. (1997). Capacity Utilization. *Journal of Economic Perspectives*, 11(1), 151–167. <https://doi.org/10.1257/jep.11.1.151>
- Cortez, L. C. S., & Pessoa, A. A. (2016). A new model and a reformulation for the crude distillation unit charging problem with oil blends and sequence-dependent changeover costs. *Computers and Chemical Engineering*, 84, 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2015.08.009>
- Coughlan, E. T., Lübbecke, M. E., & Schulz, J. (2015). A branch-price-and-cut algorithm for multi-mode resource leveling. *European Journal of Operational Research*, 245(1), 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.02.043>
- Crawford, B., Soto, R., Johnson, F., Monfroy, E., & Paredes, F. (2014). A Max–Min Ant System algorithm to solve the Software Project Scheduling Problem. *Expert Systems with Applications*, 41(15), 6634–6645. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.05.003>
- Cristóbal, J. R. S. (2017). Complexity in Project Management. *Procedia Computer Science*, 121, 762–766. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.098>
- Demeulemeester, E., & Herroelen, W. S. (1996). An efficient optimal solution procedure for the preemptive resource-constrained project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 90(2), 334–348. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00358-4](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00358-4)
- Drury-Grogan, M. L. (2014). Performance on agile teams: Relating iteration objectives and critical decisions to project management success factors. *Information and Software Technology*, 56(5), 506–515. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.11.003>
- Dziekoński, K. (2017). Project Managers' Competencies Model for Construction Industry in Poland. *Procedia Engineering*, 182, 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.157>
- Fisher, C. (2010). *Researching and Writing a Dissertation* (3rd ed). Pearson Education.
- Gagnon, M. (2004). A tabu search algorithm for the resource-constrained project scheduling problem, 1–15.
- Gapso. (2014). Integrando Programação Inteira Mista e Planilhas de Cálculo de forma simples e acessível. Retrieved August 20, 2019, from <https://www.gapso.com.br/ufflp/>
- Garel, G. (2013). A history of project management models: From pre-models to the standard models. *International Journal of Project Management*, 31(5), 663–669. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.011>

- Ghauri, P., & Gronhaug, K. (2005). *Research Methods in Business Studies: A Practical Guide*. (P. Education, Ed.).
- Globerson, S. (1994). Impact of various work-breakdown structures on project conceptualization. *International Journal of Project Management*, 12(3), 165–171. [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(94\)90032-9](https://doi.org/10.1016/0263-7863(94)90032-9)
- Golpayegani, S. A. H., & Parvaresh, F. (2011). The logical precedence network planning of projects, considering the finish-to-start (FS) relations, using neural networks. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 55(9–12), 1123–1133. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-3125-1>
- Gonçalves, J. F., Mendes, J. J. M., & Resende, M. G. C. (2008). A genetic algorithm for the resource constrained multi-project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 189(3), 1171–1190. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.06.074>
- Guldemon, T. A., Hurink, J. L., Paulus, J. J., & Schutten, J. M. J. (2008). Time-constrained project scheduling. *Journal of Scheduling*, 11(2), 137–148. <https://doi.org/10.1007/s10951-008-0059-7>
- Habibi, F., Barzinpour, F., & Sadjadi, S. J. (2018). Resource-constrained project scheduling problem: review of past and recent developments. *Journal of Project Management*, 3, 55–88. <https://doi.org/10.5267/j.jpm.2018.1.005>
- Habibi, F., Taghipour Birgani, O., Koppelaar, H., & Radenović, S. (2018). Using fuzzy logic to improve the project time and cost estimation based on Project Evaluation and Review Technique (PERT). *Journal of Project Management*, 3, 183–196. <https://doi.org/10.5267/j.jpm.2018.4.002>
- Ham-Baloyi, W. ten, & Jordan, P. (2016). Systematic review as a research method in post-graduate nursing education. *Health SA Gesondheid*, 21(0), 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.hsag.2015.08.002>
- Hebert, J. E., & Deckro, R. F. (2011). Combining contemporary and traditional project management tools to resolve a project scheduling problem. *Computers & Operations Research*, 38(1), 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2009.12.004>
- Henry, R. M., McCray, G. E., Purvis, R. L., & Roberts, T. L. (2007). Exploiting organizational knowledge in developing IS project cost and schedule estimates: An empirical study. *Information & Management*, 44(6), 598–612. <https://doi.org/10.1016/j.im.2007.06.002>
- Herroelen, W., De Reyck, B., & Demeulemeester, E. (1998). Resource-constrained project scheduling: A survey of recent developments. *Computers & Operations Research*, 25(4), 279–302. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(97\)00055-5](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(97)00055-5)

- Herroelen, W., Demeulemeester, E., & De Reyck, B. (1999). A Classification Scheme for Project Scheduling (pp. 1–26). [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5533-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5533-9_1)
- Herroelen, W., & Leus, R. (2005). Project scheduling under uncertainty: Survey and research potentials. *European Journal of Operational Research*, 165(2), 289–306. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.002>
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design Science Information Systems Research. *Journal of Medicinal Chemistry*, 28, 75–105. Retrieved from <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jm991076c>
- IPMA. (2015). IPMA Individual Competence Baseline (ICB): for Project, Programme and Portfolio Management. International Project Management Association.
- Isik, Z., Arditi, D., Dikmen, I., & Birgonul, M. T. (2010). Impact of Resources and Strategies on Construction Company Performance. *Journal of Management in Engineering*, 26(1), 9–18. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2010\)26:1\(9\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2010)26:1(9))
- Jugdev, K., & Müller, R. (2005). A Retrospective look at our Evolving Understanding of Project Success. *Project Management Journal*, 36(4), 19–31. <https://doi.org/10.1177/875697280503600403>
- Kadri, R. L., & Boctor, F. F. (2018). An efficient genetic algorithm to solve the resource-constrained project scheduling problem with transfer times: The single mode case. *European Journal of Operational Research*, 265(2), 454–462. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.07.027>
- Kaliba, C., Muya, M., & Mumba, K. (2009). Cost escalation and schedule delays in road construction projects in Zambia. *International Journal of Project Management*, 27(5), 522–531. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.07.003>
- Kenley, R., & Harfield, T. (2014). Reviewing the IJPM for WBS: The Search for Planning and Control. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 887–893. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.099>
- Keser, İ. K., Kocakoç, İ. D., & Şehirlioğlu, A. K. (2016). A New Descriptive Statistic for Functional Data: Functional Coefficient Of Variation. *Alphanumeric Journal*, 4(2). <https://doi.org/10.17093/aj.2016.4.2.5000185408>
- Khalilzadeh, M., Shakeri, H., Gholami, H., & Amini, L. (2017). A Heuristic Algorithm for Project Scheduling with Fuzzy Parameters. *Procedia Computer Science*, 121, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.010>
- Kim, B., & Reinschmidt, K. F. (2009). Probabilistic Forecasting of Project Duration Using Bayesian Inference and the Beta Distribution. *Journal of Construction Engineering and*

- Management*, 135(3), 178–186. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2009\)135:3\(178\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:3(178))
- Kim, K., & de la Garza, J. M. (2005). Evaluation of the Resource-Constrained Critical Path Method Algorithms. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(5), 522–532. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:5\(522\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:5(522))
- Klevanskiy, N. N., Tkachev, S. I., & Voloshchouk, L. A. (2019). Multi-project Scheduling: Multicriteria Time-cost Trade-off Problem. *Procedia Computer Science*, 150, 237–243. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.02.048>
- Kloppenborg, T. J., Tesch, D., & Manolis, C. (2014). Project Success and Executive Sponsor Behaviors: Empirical Life Cycle Stage Investigations. *Project Management Journal*, 45(1), 9–20. <https://doi.org/10.1002/pmj.21396>
- Kolisch, R., & Hartmann, S. (2006). Experimental investigation of heuristics for resource-constrained project scheduling: An update. *European Journal of Operational Research*, 174(1), 23–37. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.01.065>
- Kolisch, R., & Padman, R. (2001). An integrated survey of deterministic project scheduling. *Omega*, 29(3), 249–272. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(00\)00046-3](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(00)00046-3)
- Kolisch, R., Schwindt, C., & Sprecher, A. (1999). Benchmark Instances for Project Scheduling Problems (pp. 197–212). [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5533-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5533-9_9)
- Koné, O., Artigues, C., Lopez, P., & Mongeau, M. (2013). Comparison of mixed integer linear programming models for the resource-constrained project scheduling problem with consumption and production of resources. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 25(1–2), 25–47. <https://doi.org/10.1007/s10696-012-9152-5>
- Kosow, H., & Gaßner, R. (2008). *Methods of future and scenario analysis: overview, assessment, and selection criteria*. Retrieved from [https://www.files.ethz.ch/isn/95979/Study39e.pdf%0Ahttp://edoc.vifapol.de/opus/volltexte/2013/4381/pdf/Studies\\_39.2008.pdf](https://www.files.ethz.ch/isn/95979/Study39e.pdf%0Ahttp://edoc.vifapol.de/opus/volltexte/2013/4381/pdf/Studies_39.2008.pdf)
- Kostalova, J., & Tetreva, L. (2014). Project Management and its Tools in Practice in the Czech Republic. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 150, 678–689. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.087>
- Kuosa, T. (2011). Evolution of futures studies. *Futures*, 43(3), 327–336. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2010.04.001>
- Kwak, Y. H., & Watson, R. J. (2005). Conceptual estimating tool for technology-driven projects: exploring parametric estimating technique. *Technovation*, 25(12), 1430–1436. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.007>



- Larson, E. W., & Gray, C. F. (2011). *Project Management : the managerial approach* (5th ed.). New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Liikamaa, K. (2015). Developing a Project Manager's Competencies: A Collective View of the Most Important Competencies. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 681–687. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.305>
- Loudon, J. (2012). Applying project management processes to successfully complete projects in radiation medicine. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 43(4), 253–258. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jmir.2012.09.003>
- Lu, M., & Lam, H.-C. (2008). Critical Path Scheduling under Resource Calendar Constraints. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(1), 25–31. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:1\(25\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:1(25))
- Lu, M., Lam, H.-C., & Dai, F. (2008). Resource-constrained critical path analysis based on discrete event simulation and particle swarm optimization. *Automation in Construction*, 17(6), 670–681. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.11.004>
- Lycett, M., Rassau, A., & Danson, J. (2004). Programme management: a critical review. *International Journal of Project Management*, 22(4), 289–299. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2003.06.001>
- Maniak, R., & Midler, C. (2014). Multiproject lineage management: Bridging project management and design-based innovation strategy. *International Journal of Project Management*, 32(7), 1146–1156. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.03.006>
- Maniezzo, V., & Stutzle, T. (2016). *Matheuristics 2016 - Proceedings of the Sixth International Workshop on Model-based Metaheuristics*. Bruxelles: IRIDIA. Retrieved from <http://iridia.ulb.ac.be/IridiaTrSeries/link/IridiaTr2016-007.pdf>
- Manole, A. L., & Grabara, I. (2016). Methodologies and visualization tools of effective project management. *Polish Journal of Management Studies*, 14(2), 137–149. <https://doi.org/10.17512/pjms.2016.14.2.13>
- Marcella, M., & Rowley, S. (2015). An exploration of the extent to which project management tools and techniques can be applied across creative industries through a study of their application in the fashion industry in the North East of Scotland. *International Journal of Project Management*, 33(4), 735–746. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.12.002>
- Martinsuo, M., & Hoverfält, P. (2018). Change program management: Toward a capability for managing value-oriented, integrated multi-project change in its context. *International Journal of Project Management*, 36(1), 134–146. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.04.018>

- Martinsuo, M., & Lehtonen, P. (2007). Role of single-project management in achieving portfolio management efficiency. *International Journal of Project Management*, 25(1), 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.04.002>
- Melnikovas, A. (2018). Towards an explicit research methodology: Adapting research onion model for futures studies. *Journal of Futures Studies*, 23(2), 29–44. [https://doi.org/10.6531/JFS.201812\\_23\(2\).0003](https://doi.org/10.6531/JFS.201812_23(2).0003)
- Meng, X., & Boyd, P. (2017). The role of the project manager in relationship management. *International Journal of Project Management*, 35(5), 717–728. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.03.001>
- Morgan, D. L., & Spanish, M. T. (1984). Focus groups: A new tool for qualitative research. *Qualitative Sociology*, 7(3), 253–270. <https://doi.org/10.1007/BF00987314>
- Moselhi, O., & Rofigari-Esfahan, N. (2012). Compression of Project Schedules using the Analytical Hierarchy Process. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 19(1–2), 67–78. <https://doi.org/10.1002/mcda.490>
- Nafisi, M., Wiktorsson, M., & Rösiö, C. (2016). Manufacturing Involvement in New Product Development: An Explorative Case Study in Heavy Automotive Component Assembly. *Procedia CIRP*, 50, 65–69. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.201>
- Ogunbayo, O. M. (2013). Project Managers' Conflict Management Styles and Its Impact on Project Team Motivation in Nigeria Construction Industry. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(7).
- Ortiz Pimiento, N. R., & Diaz Serna, F. J. (2018). The project scheduling problem with non-deterministic activities duration: A literature review. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(1), 116. <https://doi.org/10.3926/jiem.2492>
- Osigwe, A. C., & Obi, K. (2015). Does capacity utilization rate affect imports of raw materials in Nigeria? *International Journal of Economics and Financial Issues*, 5(2), 489–492.
- Padovani, M., & Carvalho, M. M. (2016). Integrated PPM Process: Scale Development and Validation. *International Journal of Project Management*, 34(4), 627–642. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.01.006>
- Patanakul, P., Iewwongcharoen, B., & Milosevic, D. (2010). An Empirical Study on the use of Project Management Tools and Techniques across Project Life-Cycle and their Impact on Project Success. *Journal of General Management*, 35(3), 41–66. <https://doi.org/10.1177/030630701003500304>
- Peck, R., & Devore, J. L. (2010). *Statistics - The exploration & Analysis of data*. (Cengage Learning, Ed.) (7th ed.). Brooks / Cole.

- Pender, S. (2001). Managing incomplete knowledge: Why risk management is not sufficient. *International Journal of Project Management*, 19(2), 79–87. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00052-6](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00052-6)
- Pereira, M. (2018). *MsC Dissertation, Master in Engineering Project - Customization of Industrialization Project Management Practices: Gestão de Capacidades em Projetos de Industrialização : caso de estudo na indústria*. Universidade do Minho.
- Pereira, M., Tereso, A., Araújo, M., & Faria, J. (2018). Development of a framework for managing capacities and schedules in industrialization projects : a case study in the automotive domain. *International Conference on Production Economics (ICOPEV)*.
- Perrier, N., Benbrahim, S.-E., & Pellerin, R. (2018). The core processes of project control: A network analysis. *Procedia Computer Science*, 138, 697–704. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.092>
- Perrotta, D., Araújo, M., Fernandes, G., Tereso, A., & Faria, J. (2017). Towards the development of a methodology for managing industrialization projects. *Procedia Computer Science*, 121, 874–882. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.113>
- Pessoa, A., & Uchoa, E. (2011). UFFLP : Integrando Programação Inteira Mista e Planilhas de Cálculo.
- PMI. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)* (Sixth edit). Newtown Square: Project Management Institute, Inc.
- Popa, V., & Tanasescu, D. (2010). Project management on new product development and launch in the automotive industry. *Proceedings of the 2nd International Conference on Manufacturing Engineering, Quality and Production Systems*.
- Qiao, J., & Li, Y. (2018). Resource leveling using normalized entropy and relative entropy. *Automation in Construction*, 87, 263–272. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.022>
- Radujković, M., & Sjekavica, M. (2017). Project Management Success Factors. *Procedia Engineering*, 196(June), 607–615. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.048>
- Raymond, L., & Bergeron, F. (2008). Project management information systems: An empirical study of their impact on project managers and project success. *International Journal of Project Management*, 26(2), 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.06.002>
- Rodríguez-Segura, E., Ortiz-Marcos, I., Romero, J. J., & Tafur-Segura, J. (2016). Critical success factors in large projects in the aerospace and defense sectors. *Journal of Business Research*, 69(11), 5419–5425. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.04.148>
- Rostami, S., Creemers, S., & Leus, R. (2018). New strategies for stochastic resource-constrained project scheduling. *Journal of Scheduling*, 21(3), 349–365.

<https://doi.org/10.1007/s10951-016-0505-x>

- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. (P. Education, Ed.) (5th ed.). Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09523367.2012.743996>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2016). *Research Methods for Business Students*. (Pearson, Ed.) (7th ed.).
- Sharon, A., & Dori, D. (2017). Model-Based Project-Product Lifecycle Management and Gantt Chart Models: A Comparative Study. *Systems Engineering*, 20(5), 447–466. <https://doi.org/10.1002/sys.21407>
- Simons, J. V. (2017). Zero-Slack, Noncritical Paths. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 15(3), 254–267. <https://doi.org/10.1111/dsji.12130>
- Söderlund, J. (2004). Building theories of project management: past research, questions for the future. *International Journal of Project Management*, 22(3), 183–191. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(03\)00070-X](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(03)00070-X)
- Steenkamp, J. R., & Bekker, M. C. (2018). Validating a project life-cycle review framework for mining projects at Exxaro. *South African Journal of Industrial Engineering*, 29(May), 74–85. <https://doi.org/10.7166/29-1-1711>
- Su, Z., & Wei, H. (2018). New Quantization Approach for the Anomaly: The Increase in Time Float following Consumption. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018(1), 1–11. <https://doi.org/10.1155/2018/8069202>
- Szalay, I., Kovács, Á., & Sebestyén, Z. (2017). Integrated Framework for Project Management Office Evaluation. *Procedia Engineering*, 196(June), 578–584. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.033>
- Tavana, M., Abtahi, A.-R., & Khalili-Damghani, K. (2014). A new multi-objective multi-mode model for solving preemptive time–cost–quality trade-off project scheduling problems. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 1830–1846. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.08.081>
- Teixeira, L., Xambre, A. R., Figueiredo, J., & Alvelos, H. (2016). Analysis and Design of a Project Management Information System: Practical Case in a Consulting Company. *Procedia Computer Science*, 100, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.137>
- Tereso, A. (2017). Slides de Escalonamento de Projetos, Mestrado em Gestão de Projetos de Engenharia. Universidade do Minho.
- Tereso, A., Araújo, M., & Elmaghraby, S. (2004). Adaptive resource allocation in multimodal activity networks. *International Journal of Production Economics*, 92(1), 1–10.

- <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.09.005>
- Thi, C. H., & Swierczek, F. W. (2010). Critical success factors in project management: implication from Vietnam. *Asia Pacific Business Review*, 16(4), 567–589. <https://doi.org/10.1080/13602380903322957>
- Tian, X., & Yuan, S. (2018). Genetic algorithm parameters tuning for resource-constrained project scheduling problem. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1955, p. 040059). <https://doi.org/10.1063/1.5033723>
- Toschi, M., Lanzarone, E., Anaya-Arenas, A. M., Bélanger, V., Nicoletta, V., & Ruiz, A. (2018). A Fix-and-Optimize Variable Neighborhood Search for the Biomedical Sample Transportation Problem. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 992–997. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.478>
- Tritschler, M., Naber, A., & Kolisch, R. (2017). A hybrid metaheuristic for resource-constrained project scheduling with flexible resource profiles. *European Journal of Operational Research*, 262(1), 262–273. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.03.006>
- Tseng, L.-Y., & Chen, S.-C. (2006). A hybrid metaheuristic for the resource-constrained project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 175(2), 707–721. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.06.014>
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2011). *Product Desing and Development*. (M.-H. Education, Ed.) (5th ed). Elsevier. Retrieved from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780750689854000024>
- Van Den Eeckhout, M., Maenhout, B., & Vanhoucke, M. (2018). A heuristic procedure to solve the project staffing problem with discrete time/resource trade-offs and personnel scheduling constraints. *Computers & Operations Research*, 101, 144–161. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.09.008>
- van den Ende, L., & van Marrewijk, A. (2014). The ritualization of transitions in the project life cycle: A study of transition rituals in construction projects. *International Journal of Project Management*, 32(7), 1134–1145. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.02.007>
- Vanhoucke, M. (2013). *Project management with dynamic scheduling: Baseline scheduling, risk analysis and project control, second edition*. *Project Management with Dynamic Scheduling: Baseline Scheduling, Risk Analysis and Project Control, Second Edition* (1st ed.). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40438-2>
- Vanhoucke, M. (2019). Tolerance limits for project control: An overview of different approaches. *Computers & Industrial Engineering*, 127(October 2018), 467–479. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.035>

- Velema, E., Vyth, E. L., & Steenhuis, I. H. M. (2019). 'I've worked so hard, I deserve a snack in the worksite cafeteria': A focus group study. *Appetite*, 133, 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.11.027>
- Viglioni, T. G. A., Cunha, J. A. O. G., & Moura, H. P. (2016). A Performance Evaluation Model for Project Management Office Based on a Multicriteria Approach. *Procedia Computer Science*, 100, 955–962. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.257>
- von Wangenheim, C. G., Silva, D. A. da, Buglione, L., Scheidt, R., & Prikladnicki, R. (2010). Best practice fusion of CMMI-DEV v1.2 (PP, PMC, SAM) and PMBOK 2008. *Information and Software Technology*, 52(7), 749–757. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.03.008>
- Voss, M. (2012). Impact of customer integration on project portfolio management and its success—Developing a conceptual framework. *International Journal of Project Management*, 30(5), 567–581. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.01.017>
- Wang, D., Wan, K., Song, X., & Liu, Y. (2019). Provincial allocation of coal de-capacity targets in China in terms of cost, efficiency, and fairness. *Energy Economics*, 78, 109–128. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.11.004>
- Wibowo, M. A., Handayani, N. U., Nurdiana, A., Sholeh, M. N., & Pamungkas, G. S. (2018). Mapping of information and identification of construction waste at project life cycle. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1941, p. 020049). <https://doi.org/10.1063/1.5028107>
- Williams, P., Ashill, N. J., Naumann, E., & Jackson, E. (2015). Relationship quality and satisfaction: Customer-perceived success factors for on-time projects. *International Journal of Project Management*, 33(8), 1836–1850. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.07.009>
- Winke, P. (2017). Using focus groups to investigate study abroad theories and practice. *System*, 71, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.system.2017.09.018>
- Wuest, T., Liu, A., Lu, S. C. Y., & Thoben, K.-D. (2014). Application of the Stage Gate Model in Production Supporting Quality Management. *Procedia CIRP*, 17(August), 32–37. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.071>
- Young, M., & Conboy, K. (2013). Contemporary project portfolio management: Reflections on the development of an Australian Competency Standard for Project Portfolio Management. *International Journal of Project Management*, 31(8), 1089–1100. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.03.005>
- Zareei, S. (2018). Project scheduling for constructing biogas plant using critical path method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(August 2017), 756–759.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.025>

Zolfagharian, M., Walrave, B., Raven, R., & Romme, A. G. L. (2019). Studying transitions: Past, present, and future. *Research Policy*, (January 2018).  
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.04.012>

## APÊNDICE 1 – PARTE DO CÓDIGO DESENVOLVIDO EM VBA PARA A FERRAMENTA

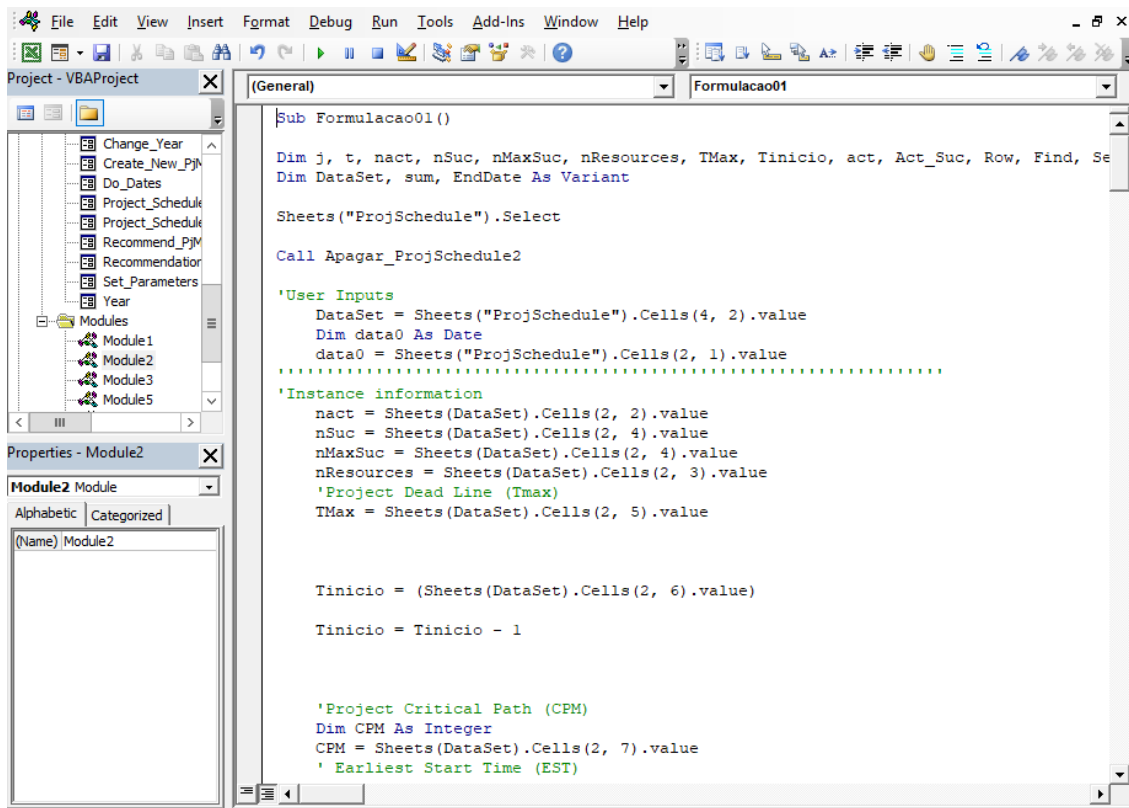


Figura 55 - Detalhe do código sobre a leitura dos dados

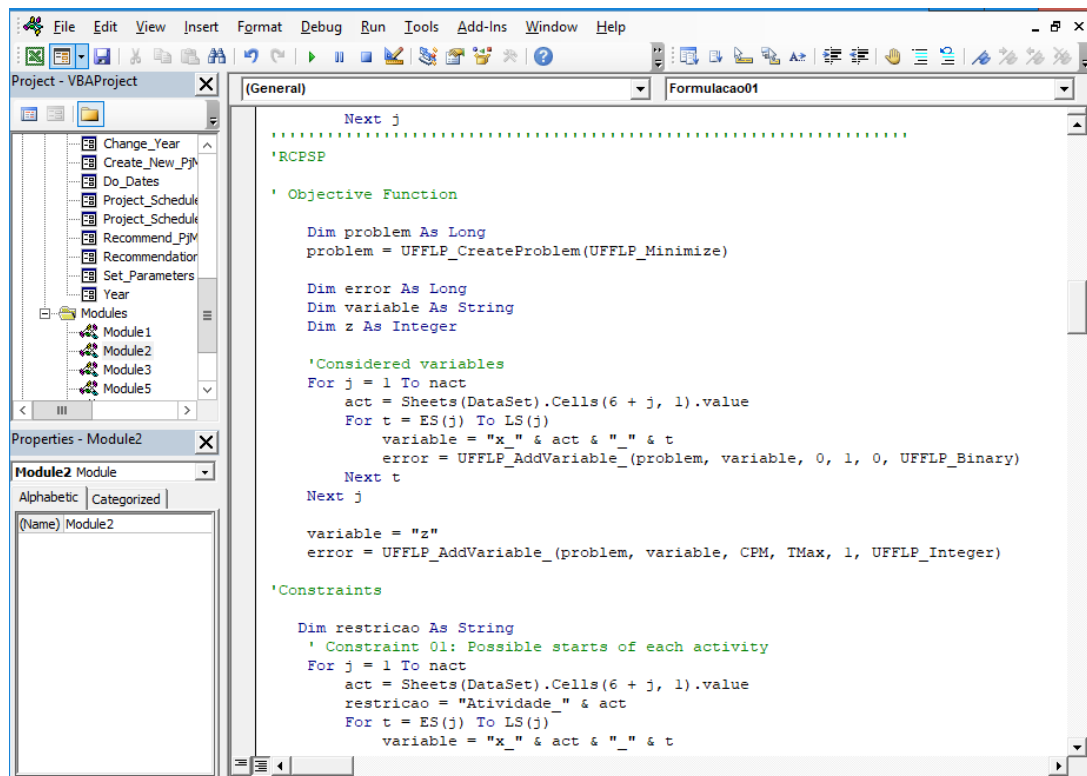


Figura 56 - Detalhe do código sobre as restrições do problema



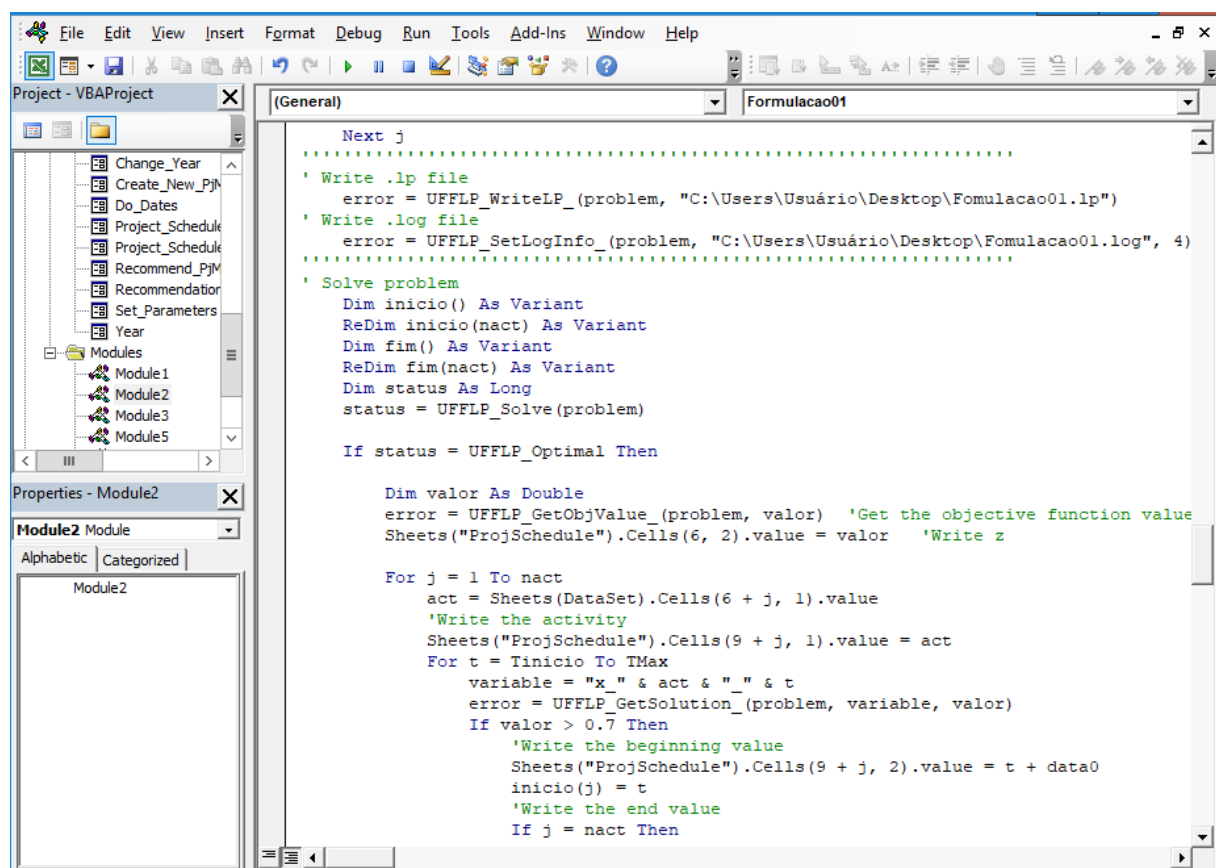


Figura 57 - Detalhe do código sobre escrever a solução do problema

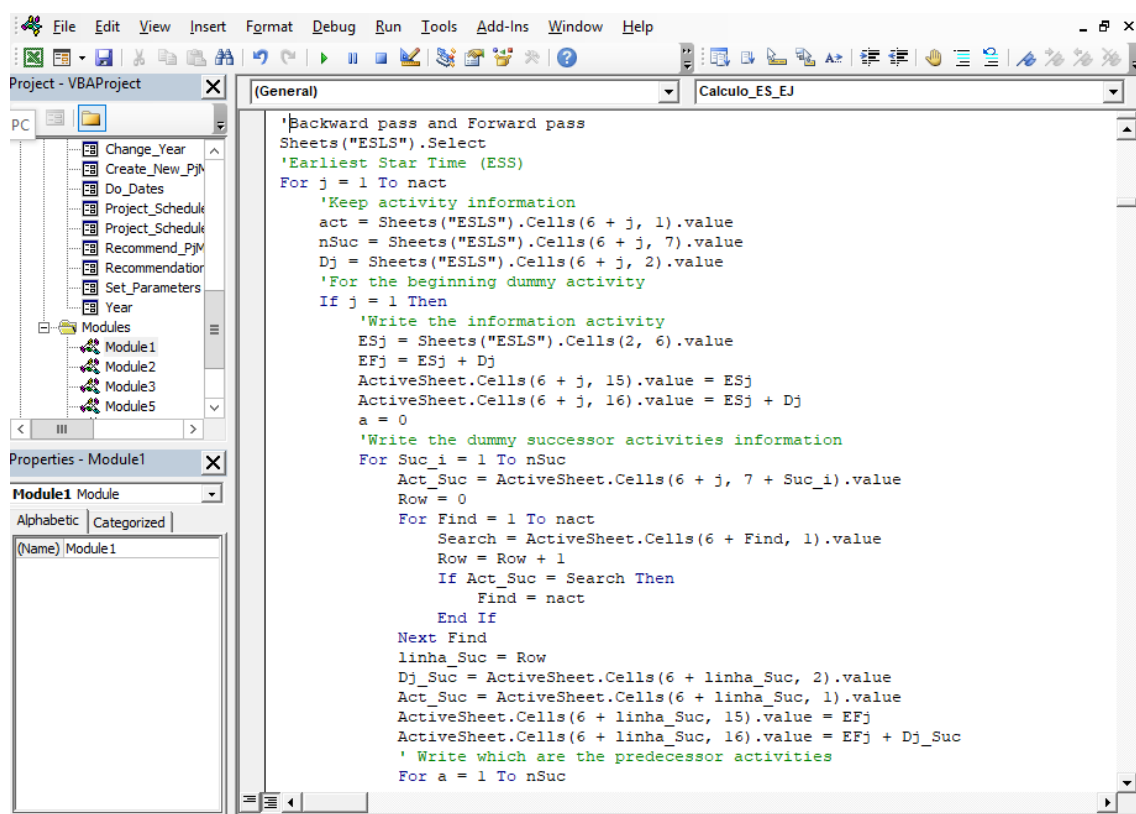


Figura 58 - Detalhe do código sobre o *Backward pass* e *Forward pass*

## APÊNDICE 2 – DIAGRAMA DO PROCESSO DE CRIAÇÃO DE UM PROJETO NA FERRAMENTA

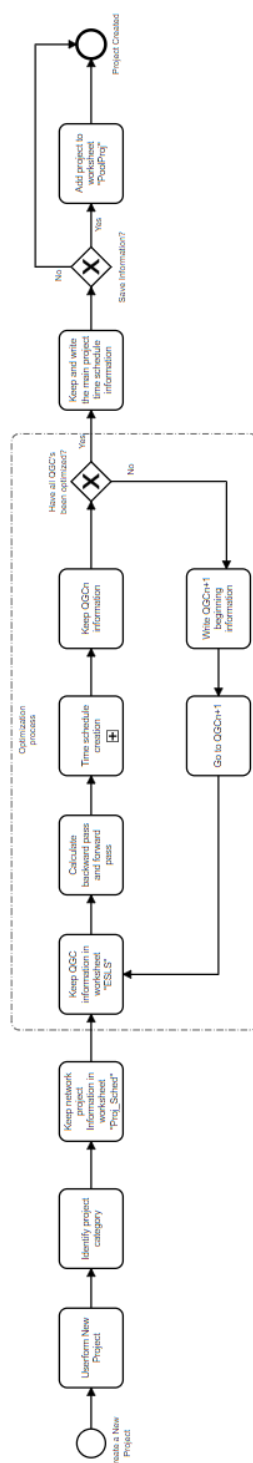


Figura 59 - Diagrama do processo realizado ao criar um novo projeto na ferramenta

## APÊNDICE 3 – DIAGRAMA DO PROCESSO DE CRIAÇÃO DO CRONOGRAMA DO PROJETO

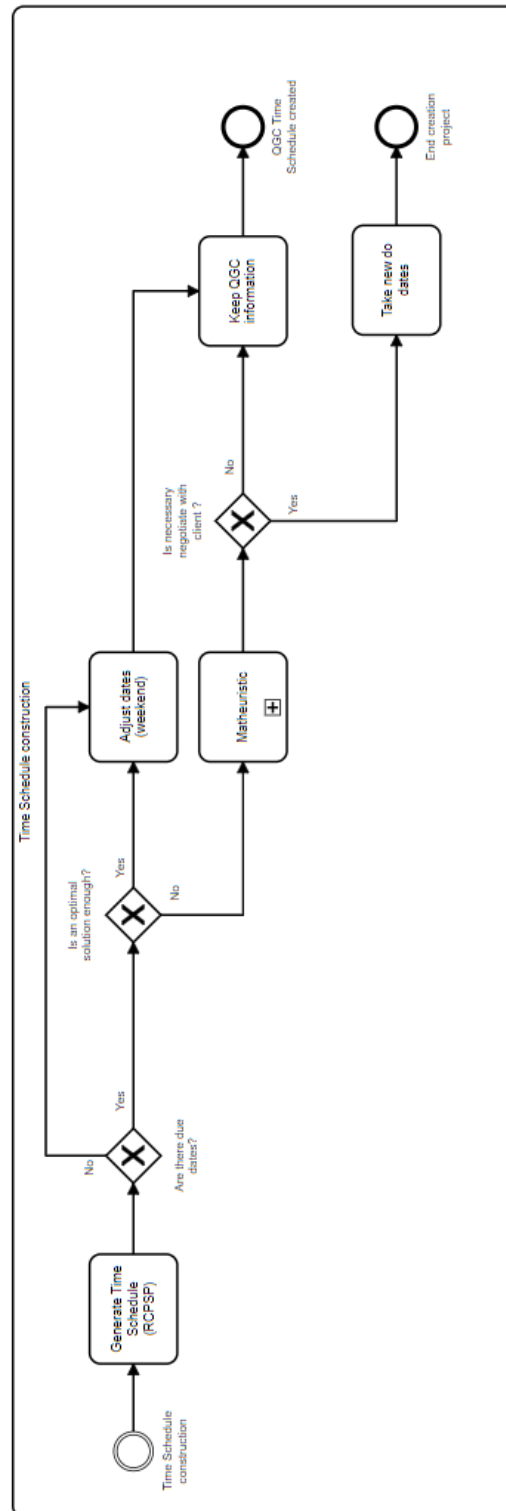


Figura 60 - Criar o *time schedule* do projeto

## APÊNDICE 4 – DIAGRAMA DO PROCESSO REALIZADO PELO MODELO HÍBRIDO

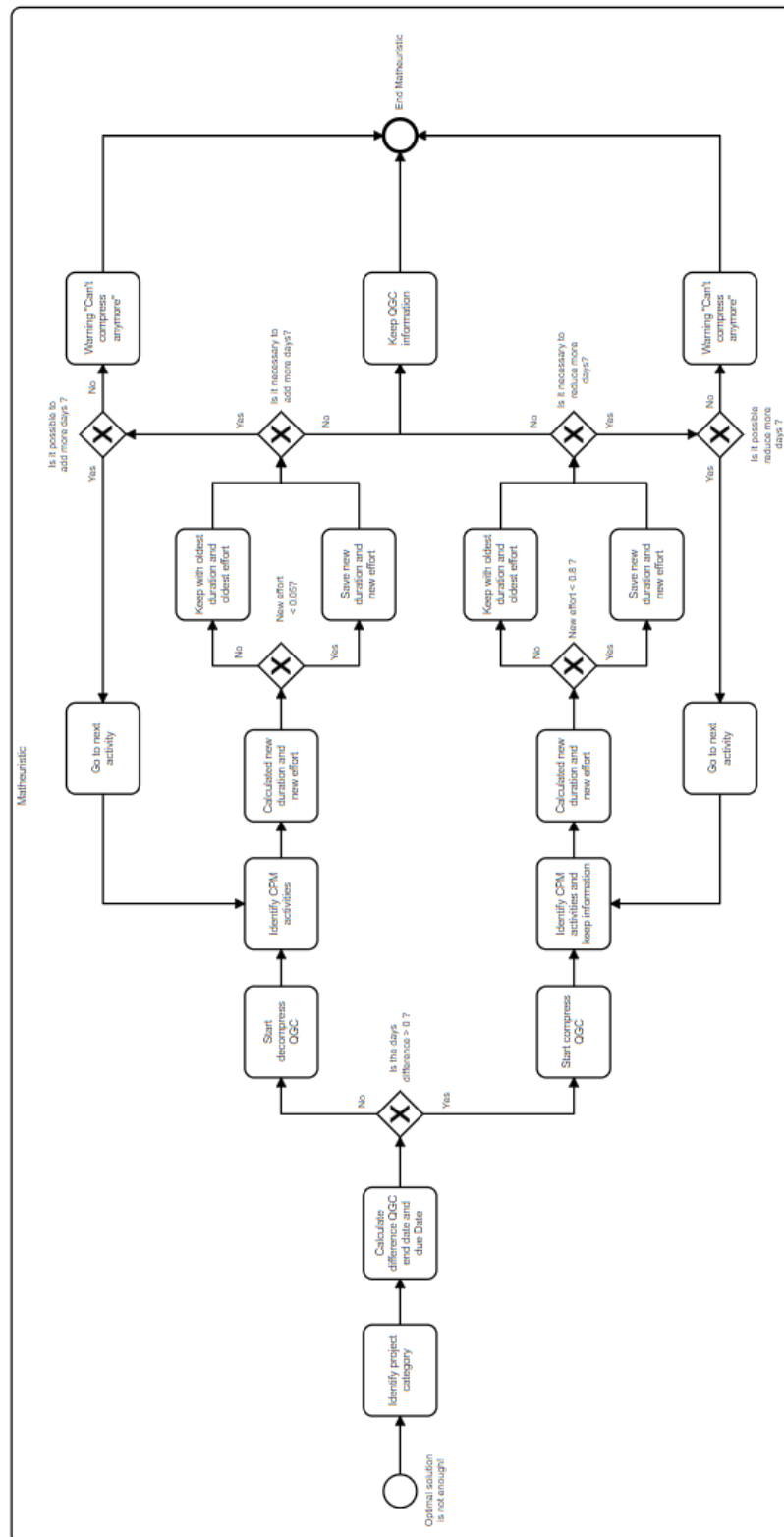


Figura 61 - Processo para comprimir ou descomprimir a QGC

## ANEXO 1 – INFORMAÇÃO SOBRE AS ATIVIDADES DO PROJETO

Tabela 5 - Descrição das atividades dos projetos  
(Pereira, 2018)

Project Activities Description			
Act	QGC	Fase	Description
1	QGC 0	00 Request	Confirmar a recepção do projeto
2	QGC 0	00 Request	Requisitar e formalizar os elementos da <i>core team</i>
3	QGC 0	00 Request	Organizar a core tema
4	QGC 0	00 Request	Desenvolver o Project Charter
5	QGC 0	01 Preparation	Definir o Project Management Plan
6	QGC 0	01 Preparation	Recolher requisitos
7	QGC 0	01 Preparation	Participar em <b>workshops</b> PGL
8	QGC 0	01 Preparation	Desenvolver o <i>Work Breakdowns Structure</i> (WBS)
9	QGC 0	01 Preparation	Organizar a <i>Project Team</i>
10	QGC 0	01 Preparation	Conduzir a <i>kick-off meeting</i>
11	QGC 0	01 Preparation	Desenvolver o <i>time schedule</i>
12	QGC 0	01 Preparation	Desenvolver o plano de comunicação
13	QGC 0	01 Preparation	Desenvolver o <i>Risk Plan</i>
14	QGC 0	01 Preparation	Validar QGC 0 scope
15	<i>dummy 01</i>	<i>dummy 01</i>	<i>dummy 01</i>
16	QGC 1	02 Conception	Finalizar o <i>Project Management Plan</i> (PMP)
17	QGC 1	02 Conception	Planear a fase <i>Conception</i>
18	QGC 1	02 Conception	Preparar a fase de amostras A e B (monitorizar a aquisição de peças)
19	QGC 1	02 Conception	Executar a fase de amostras
20	QGC 1	02 Conception	Monitorizar a aquisição de equipamento
21	QGC 1	02 Conception	Monitorizar e controlar o <i>project work</i>
22	QGC 1	02 Conception	Validar QGC 1 scope
23	<i>dummy 02</i>	<i>dummy 02</i>	<i>dummy 02</i>
24	QGC 1	02 Conception	Rever o trabalho desenvolvido na fase
25	QGC 2	03 Implementation	Planear a fase <i>implementation</i>
26	QGC 2	03 Implementation	Preparar a fase de amostras C (monitorizar a aquisição de peças)
27	QGC 2	03 Implementation	Executar a fase de amostras
28	QGC 2	03 Implementation	Validar QGC 2 scope
29	QGC 3	03 Implementation	Monitorizar a disponibilidade e o funcionamento dos equipamentos
30	<i>dummy 03</i>	<i>dummy 03</i>	<i>dummy 03</i>
31	<i>dummy 04</i>	<i>dummy 04</i>	<i>dummy 04</i>
32	QGC 3	03 Implementation	Planear a fase <i>implementation</i>
33	QGC 3	03 Implementation	Preparar a fase de amostras C (monitorizar a aquisição de peças)
34	QGC 3	03 Implementation	Rever o trabalho desenvolvido na fase
35	QGC 3	03 Implementation	Monitorizar a disponibilidade e o funcionamento dos equipamentos
36	QGC 3	03 Implementation	Acompanhar as séries de amostras D
37	QGC 3	03 Implementation	Executar a fase de amostras
38	QGC 3	03 Implementation	Validar QGC 3 scope

39	<i>dummy 05</i>	<i>dummy 05</i>	<i>dummy 05</i>
40	QGC 4	03 Implementation	Monitorizar a disponibilidade e o funcionamento dos equipamentos
41	QGC 4	03 Implementation	Validar QGC 4 <i>scope</i>
42	QGC 5	04 Completion	Início da produção em série
43	QGC 5	04 Completion	Validar QGC5 <i>scope</i>
44	QGC 5	04 Completion	Rever o trabalho desenvolvido na fase
45	<i>dummy 06</i>	<i>dummy 06</i>	<i>dummy 06</i>

Tabela 6 - Conteúdo de trabalho das atividades

Work Content						
Act	QGC	Phase	A	B	C	D
1	QGC 0	Request	0,2	0,2	0,2	0,2
2	QGC 0	Request	2	2	0,5	0,25
3	QGC 0	Request	0,25	0,25	0,2	0,2
4	QGC 0	Request	4	4	2	1
5	QGC 0	Preparation	4,8	4,8	2,4	0,5
6	QGC 0	Preparation	2	2	0,5	0,25
7	QGC 0	Preparation	2,4	2,4	0	0
8	QGC 0	Preparation	1,4	1,4	0,7	0,5
9	QGC 0	Preparation	2,5	2,5	0,5	0,25
10	QGC 0	Preparation	0,9	0,9	0,5	0,25
11	QGC 0	Preparation	1,4	1,4	0,7	0,5
12	QGC 0	Preparation	0,5	0,5	0,1	0,1
13	QGC 0	Preparation	2	2	1	0,5
14	QGC 0	Preparation	2	2	2	2
15	<i>dummy 01</i>	<i>dummy 01</i>	0	0	0	0
16	QGC 1	Conception	1,4	1,4	0,7	0
17	QGC 1	Conception	9	9	0	0
18	QGC 1	Conception	5	5	0	0
19	QGC 1	Conception	6	6	0	0
20	QGC 1	Conception	3,75	3,75	0	0
21	QGC 1	Conception	10,5	10,5	0	0
22	QGC 1	Conception	2	2	0	0
23	<i>dummy 02</i>	<i>dummy 02</i>	0	0	0	0
24	QGC 1	Conception	1,6	1,6	0	0
25	QGC 2	Implementation	9	9	6	0
26	QGC 2	Implementation	1,5	1,5	1	0
27	QGC 2	Implementation	6	6	6	0
28	QGC 2	Implementation	3	3	2	0
29	QGC 3	Implementation	2,5	2,5	2,25	0
30	<i>dummy 03</i>	<i>dummy 03</i>	0	0	0	0
31	<i>dummy 04</i>	<i>dummy 04</i>	0	0	0	0
32	QGC 3	Implementation	1	1	1	0,5
33	QGC 3	Implementation	2,75	2,75	2,75	2,75
34	QGC 3	Implementation	9	9	6	6
35	QGC 3	Implementation	0,75	0,75	0,75	0,75
36	QGC 3	Implementation	3	3	3	3
37	QGC 3	Implementation	3	3	2	2
38	QGC 3	Implementation	2	2	2	2
39	<i>dummy 05</i>	<i>dummy 05</i>	0	0	0	0
40	QGC 4	Implementation	3	3	1,5	0,25

41	QGC 4	Implementation	1,5	1,5	1,5	1,5
42	QGC 5	Completion	20	20	16	6
43	QGC 5	Completion	2	2	2	2
44	QGC 5	Completion	2	2	1	0,5
45	dummy 06	dummy 06	0	0	0	0

Tabela 7 - Duração das atividades  
(Pereira, 2018)

Duration Activities (Days)						
Act	QGC	Phase	A	B	C	D
1	QGC 0	Request	1	1	1	1
2	QGC 0	Request	10	10	5	5
3	QGC 0	Request	1	1	1	1
4	QGC 0	Request	10	10	10	5
5	QGC 0	Preparation	12	12	12	5
6	QGC 0	Preparation	10	10	5	5
7	QGC 0	Preparation	3	3	0	0
8	QGC 0	Preparation	2	2	1	1
9	QGC 0	Preparation	10	10	5	5
10	QGC 0	Preparation	3	3	2	1
11	QGC 0	Preparation	2	2	1	1
12	QGC 0	Preparation	2	2	1	1
13	QGC 0	Preparation	5	5	5	5
14	QGC 0	Preparation	20	20	20	20
15	dummy 01	dummy 01	0	0	0	0
16	QGC 1	Conception	7	7	7	7
17	QGC 1	Conception	15	15	0	0
18	QGC 1	Conception	20	20	0	0
19	QGC 1	Conception	15	15	0	0
20	QGC 1	Conception	15	15	0	0
21	QGC 1	Conception	35	35	0	0
22	QGC 1	Conception	20	20	0	0
23	dummy 02	dummy 02	0	0	0	0
24	QGC 1	Conception	4	4	0	0
25	QGC 2	Implementation	15	15	15	0
26	QGC 2	Implementation	15	15	10	0
27	QGC 2	Implementation	15	15	15	0
28	QGC 2	Implementation	20	20	20	0
29	QGC 3	Implementation	50	50	45	0
30	dummy 03	dummy 03	0	0	0	0
31	dummy 04	dummy 04	0	0	0	0
32	QGC 3	Implementation	10	10	10	10
33	QGC 3	Implementation	55	55	55	55
34	QGC 3	Implementation	15	15	15	15
35	QGC 3	Implementation	15	15	15	15
36	QGC 3	Implementation	30	30	30	30
37	QGC 3	Implementation	10	10	10	10
38	QGC 3	Implementation	20	20	20	20
39	dummy 05	dummy 05	0	0	0	0

40	QGC 4	Implementation	15	15	15	5
41	QGC 4	Implementation	15	15	15	15
42	QGC 5	Completion	100	100	80	60
43	QGC 5	Completion	20	20	20	20
44	QGC 5	Completion	10	10	10	10
45	dummy 06	dummy 06	0	0	0	0

Tabela 8 - Esforço necessário para executar cada atividade  
(Pereira, 2018)

Effort Activities (headcount)						
Act	QGC	Phase	A	B	C	D
1	QGC 0	Request	0,2	0,2	0,2	0,2
2	QGC 0	Request	0,2	0,2	0,1	0,05
3	QGC 0	Request	0,25	0,25	0,2	0,2
4	QGC 0	Request	0,4	0,4	0,2	0,2
5	QGC 0	Preparation	0,4	0,4	0,2	0,1
6	QGC 0	Preparation	0,2	0,2	0,1	0,05
7	QGC 0	Preparation	0,8	0,8	0	0
8	QGC 0	Preparation	0,7	0,7	0,7	0,5
9	QGC 0	Preparation	0,25	0,25	0,1	0,05
10	QGC 0	Preparation	0,3	0,3	0,25	0,25
11	QGC 0	Preparation	0,7	0,7	0,7	0,5
12	QGC 0	Preparation	0,25	0,25	0,1	0,1
13	QGC 0	Preparation	0,4	0,4	0,2	0,1
14	QGC 0	Preparation	0,1	0,1	0,1	0,1
15	dummy 01	dummy 01	0	0	0	0,1
16	QGC 1	Conception	0,2	0,2	0,1	0
17	QGC 1	Conception	0,6	0,6	0	0
18	QGC 1	Conception	0,25	0,25	0	0
19	QGC 1	Conception	0,4	0,4	0	0
20	QGC 1	Conception	0,25	0,25	0	0
21	QGC 1	Conception	0,3	0,3	0	0
22	QGC 1	Conception	0,1	0,1	0	0
23	dummy 02	dummy 02	0	0	0	0
24	QGC 1	Conception	0,4	0,4	0	0
25	QGC 2	Implementation	0,6	0,6	0,4	0
26	QGC 2	Implementation	0,1	0,1	0,1	0
27	QGC 2	Implementation	0,4	0,4	0,4	0
28	QGC 2	Implementation	0,15	0,15	0,1	0
29	QGC 3	Implementation	0,05	0,05	0,05	0
30	dummy 03	dummy 03	0	0	0	0
31	dummy 04	dummy 04	0	0	0	0
32	QGC 3	Implementation	0,1	0,1	0,1	0,05
33	QGC 3	Implementation	0,05	0,05	0,05	0,05
34	QGC 3	Implementation	0,6	0,6	0,4	0,4
35	QGC 3	Implementation	0,05	0,05	0,05	0,05
36	QGC 3	Implementation	0,1	0,1	0,1	0,1
37	QGC 3	Implementation	0,3	0,3	0,2	0,2
38	QGC 3	Implementation	0,1	0,1	0,1	0,1



39	<i>dummy 05</i>	<i>dummy 05</i>	0	0	0	0
40	QGC 4	<i>Implementation</i>	0,2	0,2	0,1	0,05
41	QGC 4	<i>Implementation</i>	0,1	0,1	0,1	0,1
42	QGC 5	<i>Completion</i>	0,2	0,2	0,2	0,1

Tabela 9 - Tarefas que constituem cada atividade dos projetos  
(Pereira, 2018)

Request Phase		
Atividade		Tarefas
1	Confirmar a receção do projeto.	• Confirmar a receção do projeto.
2	Requisitar e formalizar os elementos da <i>core team</i>	• Requerer e formalizar os elementos da <i>core team</i> .
3	Organizar a <i>core team</i> .	• Criar <i>team Open Points List</i> (OPL).
		• Criar Project OBS.
4	Desenvolver o <i>Project Charter</i> .	• Identificar riscos de alto nível.
		• Identificar <i>stakeholders</i> .
		• Finalizar e submeter o <i>Project Charter</i> para aprovação.
		• Rever o Project Charter.
Preparation Phase		
Atividade		Tarefas
5	Definir o <i>Project Management Plan</i> .	• Definir Project Plans.
		• Desenvolver Project Plans.
		• Iniciar o desenvolvimento do <i>Project Management Plan</i> (PMP).
6	Recolher requisitos.	• Recolher requisitos preliminares.
		• Registar os requisitos recolhidos.
7	Participar em <i>workshops</i> PGL.	• Participar em <i>workshops</i> PGL.
8	Desenvolver o <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS).	• Definir a <i>scope</i> e a WBS preliminar.
		• Desenvolver a WBS.
9	Organizar a <i>Project team</i> .	• Definir funções requeridas para o projeto, requerer e formalizar a equipa do projeto.
		• Atualizar os documentos da <i>project team</i> .
10	Conduzir a <i>kick-off meeting</i> .	• Conduzir a <i>kick-off meeting</i> .
11	Desenvolver o <i>time schedule</i> .	• Desenvolver o <i>time schedule</i> .

12	Desenvolver o plano de comunicação.	• Desenvolver o plano de comunicação.
13	Desenvolver o <i>Risk Plan</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar riscos.</li> <li>• Proceder à análise qualitativa e quantitativa dos riscos.</li> <li>• Planear respostas aos riscos identificados.</li> </ul>
14	Validar <i>QGCO scope</i> .	• Validar <i>QGCO scope</i> .
15	Finalizar o <i>Project Management Plan (PMP)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalizar o PMP.</li> <li>• Atualizar documentos.</li> </ul>
<b>Conception Phase</b>		
<b>Atividade</b>		<b>Tarefas</b>
16	Planear a fase <i>Conception</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rever a fase de amostras.</li> <li>• Definir a <i>Sample Distribution List (SDL)</i>.</li> <li>• Rever informação geral do projeto, os riscos identificados e a OPL.</li> <li>• Refinar o WBS e o <i>time schedule</i>.</li> <li>• Atualizar dados de configuração do projeto.</li> </ul>
17	Preparar a fase de amostras A e B (monitorizar a aquisição de peças).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obter o rastreamento da lista de peças.</li> <li>• Acompanhar a disponibilidade das peças.</li> <li>• Confirmar a chegada das peças.</li> <li>• Preparar a construção das amostras.</li> </ul>
18	Executar a fase de amostras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar a produção de amostras (notificações de anomalias, desvios, etc).</li> <li>• Rever a fase de amostras.</li> </ul>
19	Monitorizar a aquisição de equipamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir o conceito da linha de produção.</li> <li>• Retenção de equipamento.</li> <li>• Proceder à elaboração das peças.</li> <li>• Acompanhar os equipamentos e as peças.</li> </ul>
20	Monitorizar e controlar o <i>project work</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar o trabalho.</li> <li>• Monitorizar e acompanhar o <i>project work</i>.</li> </ul>
21	Validar <i>QGC1 scope</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC1.</li> <li>• Rever QGC1 OPL.</li> </ul>

22	Rever o trabalho desenvolvido na fase.	• Selecionar candidatos a Lessons Learn (LL).
		• Analisar os resultados da fase de Conceção.
		• Organizar e conduzir reunião para revisão da fase.
		• Alinhar, finalizar e disponibilizar LL.
Implementation Phase		
Atividade		Tarefas
23	Planear a fase <i>Implementation</i> .	• Rever a fase de amostras.
		• Definir SDL.
		• Rever informação geral do projeto.
		• Rever os riscos identificados e a OPL.
		• Refinar o WBS e o <i>time schedule</i> .
		• Atualizar dados de configuração do projeto.
24	Preparar a fase de amostras C (monitorizar a aquisição de peças).	• Obter o rastreamento da lista de peças, acompanhar a disponibilidade e confirmar a sua chegada.
		• Preparar a construção das amostras.
25	Executar a fase de amostras.	• Acompanhar a produção de amostras (notificações de anomalias, desvios, etc.).
		• Rever a fase de amostras.
26	Validar <i>QGC2 scope</i> .	• Preparar a avaliação da QGC2.
		• Rever QGC2 OPL.
27	Preparar a fase de amostras D (monitorizar a aquisição de peças).	• Obter o rastreamento da lista de peças.
		• Acompanhar a disponibilidade das peças.
		• Confirmar a chegada das peças.
28	Rever o trabalho desenvolvido na fase	• Conduzir a transformação para 13 dígitos.
		• Preparar a transição para produção.
		• Monitorizar a transição das peças entre os departamentos COS-M e MOE.
		• Monitorizar a responsabilidade sobre as peças entre os departamentos PPM e LOG.
		• Iniciar <i>Project Deliverables Release</i> (PDR).
29	Acompanhar as séries de amostras D.	• Acompanhar a evolução dos KPIs de qualidade.
		• Monitorizar o processo <i>Initial Sample Inspection Report</i> (ISIR).

		<ul style="list-style-type: none"><li>• Atualizar PDR.</li></ul>
30	Validar <i>QGC3 scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Preparar a avaliação da QGC3.</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Rever QGC3 OPL.</li></ul>
31	Validar <i>QGC4 scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Preparar a avaliação da QGC4.</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Rever QGC4 OPL.</li></ul>
32	Monitorizar a disponibilidade e o funcionamento dos equipamentos.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acompanhar o estado dos equipamentos e das ferramentas (verificar se estão ou não prontas).</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Determinar os resultados da avaliação das amostras C e das amostras D.</li></ul>
33	Monitorizar e controlar o <i>project work</i> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acompanhar o trabalho.</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Monitorizar e acompanhar o <i>project work</i>.</li></ul>
34	Início da produção em série.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Finalizar PDR.</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Determinar o alcance dos targets do projeto.</li></ul>
Completion Phase		
Atividade		Tarefas
35	Validar <i>QGCJ scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Preparar avaliação da QGCJ.</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Atualizar informação geral do projeto.</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Rever QGCJ OPL.</li></ul>
36	Rever o trabalho desenvolvido na fase.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Selecionar LL candidatos e avaliar LL identificados no projeto.</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• Analisar resultados finais do projeto.</li></ul>
37	Fechar o projeto.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Entregar o projeto a <i>Follow-up Manager</i> (FUM) e à produção.</li></ul>

## ANEXO 2 – REDE AON DE ATIVIDADES DO PROJETO

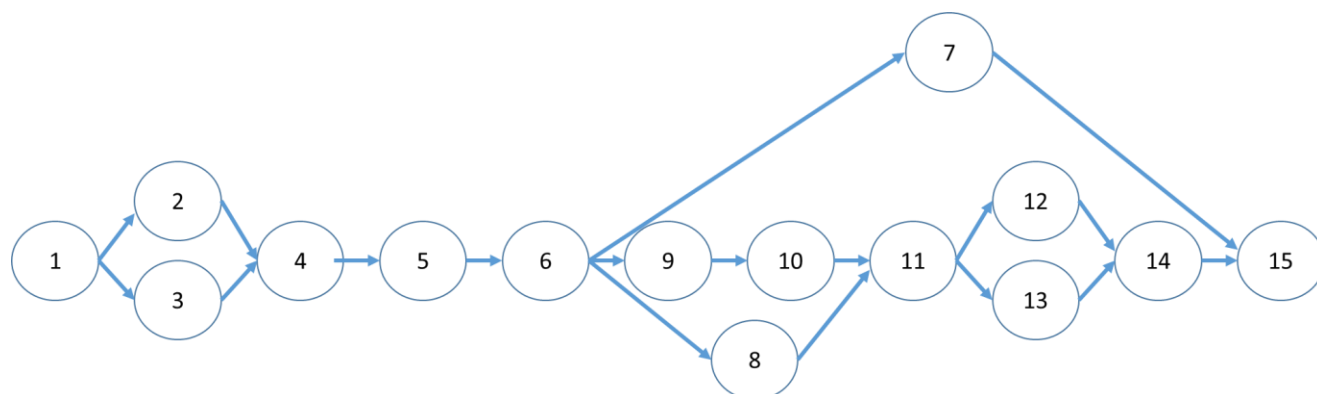


Figura 62 - Ilustração da rede de atividades da QGC0  
(Pereira, 2018)

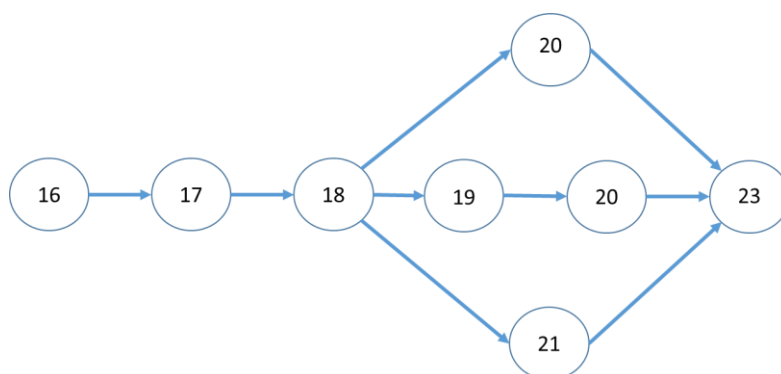


Figura 63 - Ilustração da rede de atividades da QGC1  
(Pereira, 2018)

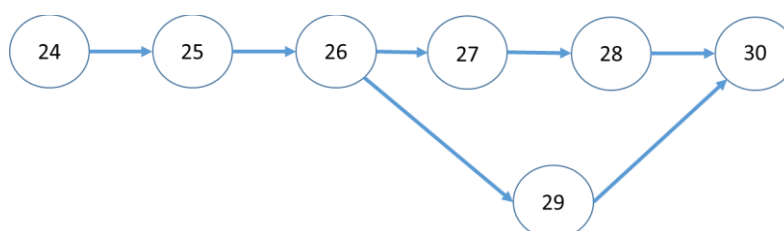


Figura 64 - Ilustração da rede de atividades da QGC2  
(Pereira, 2018)

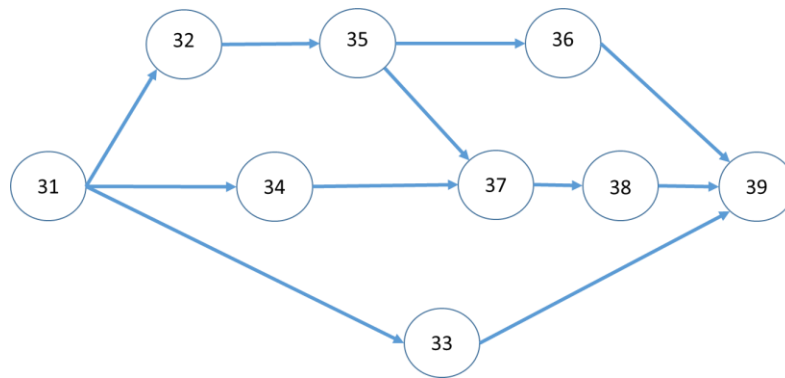


Figura 65 - Ilustração da rede de atividades da QGC3  
(Pereira, 2018)

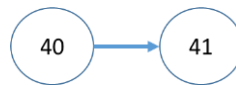


Figura 66 - Ilustração da rede de atividades da QGC4  
(Pereira, 2018)

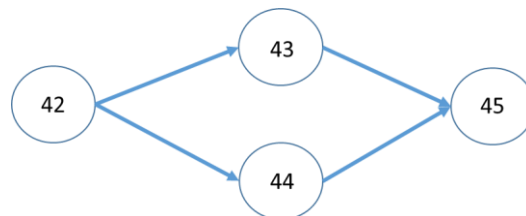


Figura 67 - Ilustração da rede de atividades da QGC5  
(Pereira, 2018)